

**IDENTIFIKASI RADIKAL BEBAS DAN SIFAT DIELEKTRIK  
ORGAN LIMPA DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG  
TERPAPAR OBAT NYAMUK *ONE PUSH AEROSOL***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
WINDI LESTARI  
145090301111011**

**PROGRAM STUDI : S1 FISIKA**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

repository.ub.ac.id

**IDENTIFIKASI RADIKAL BEBAS DAN SIFAT DIELEKTRIK  
ORGAN LIMPA DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG  
TERPAPAR OBAT NYAMUK *ONE PUSH AEROSOL***

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh:

**WINDI LESTARI**

**145090301111011**

**PROGRAM STUDI : S1 FISIKA**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### IDENTIFIKASI RADIKAL BEBAS DAN SIFAT DIELEKTRIK ORGAN LIMPA DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG TERPAPAR OBAT NYAMUK *ONE PUSH AEROSOL*

Oleh :

Windi Lestari  
145090301111011

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
Pada tanggal... **05 JUL 2018**..  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Sains dan bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II



Drs. Unggul P. Juswono.,M.Sc.  
NIP. 196501111990021002

Dr.Eng. Didik Rahadi Santoso,M.Si.  
NIP 196906101994021001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Prof. Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda  
NIP. 196409101990021001



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Windi Lestari  
NIM : 145090301111011  
Jurusan : Fisika  
Penulis Skripsi Berjudul :

**Identifikasi Radikal Bebas Dan Sifat Dielektrik Organ Limpa  
Dari Mencit (*Mus musculus*) Yang Terpapar Obat Nyamuk *One  
Push Aerosol***

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 05 Juli 2018

Yang menyatakan,



(Windi Lestari)

NIM.145090301111011



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



# IDENTIFIKASI RADIKAL BEBAS DAN SIFAT DIELEKTRIK ORGAN LIMPA DARI MENCIT (*MUS MUSCULUS*) YANG TERPAPAR OBAT NYAMUK *ONE PUSH AEROSOL*

## ABSTRAK

Penggunaan obat nyamuk pada kehidupan sehari-hari dapat menimbulkan beberapa dampak negatif salah satunya kerusakan organ limpa. Kandungan transflutrin obat nyamuk akan diikat oleh hemoglobin darah pada paru-paru dan dialirkan ke seluruh tubuh termasuk limpa. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat kerusakan organ limpa dari mencit yang diberi semprotan obat nyamuk tipe-H dan tipe-V berdasarkan nilai konstanta dielektrik, kadar sitokin IL –  $1\beta$  dan mengidentifikasi jenis radikal bebas yang menyebabkan kerusakan pada organ limpa. Kerusakan organ limpa meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi obat nyamuk. Nilai konstanta dielektrik paling rendah pada tipe-H sebesar  $1,71 \times 10^6$  dan tipe-V sebesar  $2,42 \times 10^6$ . Sedangkan untuk kadar sitokin pada tipe-H sebesar 1851 pg/ml dan tipe-V sebesar 1434 pg/ml. Radikal bebas yang ditemukan pada organ limpa dari mencit yang terpapar obat nyamuk adalah jenis oksigen singlet ( $^1O_2$ ) dan anion superoksida ( $O_2^-$ ). Kandungan transflutrin obat nyamuk memicu terbentuknya radikal bebas dalam tubuh sehingga menyebabkan kerusakan pada organ limpa. Obat nyamuk tipe-H memberikan kerusakan paling besar dibanding tipe-V yang ditunjukkan dengan penurunan nilai konstanta dielektrik paling rendah dan peningkatan kadar sitokin IL –  $1\beta$  paling tinggi. Sitokin IL –  $1\beta$  dikeluarkan sebagai respon terhadap inflamasi.

**Kata kunci:** Organ limpa, konstanta dielektrik, sitokin IL –  $1\beta$ , jenis radikal bebas



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

# IDENTIFICATION OF FREE RADICALS AND DIELECTRIC PROPERTIES OF MICE'S SPLENIC ORGAN EXPOSED BY MOSQUITO REPELLENT SPRAY

## ABSTRACT

The use of mosquito repellent in daily life may cause some bad effects. One of them is the damage of spleen. The transfluthrin component of mosquito repellent will be bound by blood's haemoglobin in the lungs and then flows through the body including the spleen. This research aims to determine the damage level of spleen of mice exposed to H-type and type V mosquito repellent spray based on its dielectric constant value, IL-1 $\beta$  cytokine level, and identifying its free radicals. The damage of splenic organ increases along with the increasing of mosquito repellent's concentration. The lowest value of the H-type dielectric constant is  $1,71 \times 10^6$  and the V-type is  $2,42 \times 10^6$ . As for the H-type cytokine levels of 1851 pg / ml and Type-V at 1434 pg / ml. The free radicals which are identified in spleen organ of mice exposed to mosquito repellent are the singlet oxygen type ( $^1O_2$ ) and superoxide anions ( $O_2^-$ ). The transfluthrin component of mosquito repellent triggers the formation of free radicals in the body that cause the damage of spleen. H-type mosquito repellent contributes the greater damage than the V-type mosquito repellent, as indicated by the least decreasing in the dielectric constant and the highest increasing of IL-1 $\beta$  cytokine levels. IL-1 $\beta$  cytokines are released as a response to inflammation.

**Key words:** Spleen organ, dielectric constant, IL-1 $\beta$  cytokine, free radicals

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dalam rangka memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang dengan lancar.

Selama proses penyelesaian skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta, terkhusus kepada kedua orang tua, yang telah memberikan bantuan, semangat serta doa yang selalu dipanjatkan kepada Allah SWT demi kekuatan, kesehatan dan kelancaran proses pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya
3. Ibu Dr. Eng Masruroh, S.Si, M.Si. selaku Ketua Prodi Fisika dan Dosen Pembimbing Akademik FMIPA Universitas Brawijaya
4. Bapak Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Pertama.
5. Bapak Dr.Eng, Didik Rahadi Santoso, M.si selaku Dosen Pembimbing Kedua.
6. Shella Putri Saraswati, Diah Utami, Dedy Setyawan, dan Siti Nur Imamah selaku teman sekelompok yang telah memberikan nasehat, masukan dalam penyelesaian skripsi ini dan Yuliana Safitri, Putri Devita, Sellin Lusiana, Hany Putri Yuliati, selaku teman sebimbingan yang selalu menemani mengerjakan skripsi
7. Keluarga Sukma Budi Kurniawan yang telah memberikan semangat serta doa atas kelancaran pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka, diharapkan segala kritik dan saran diberikan untuk perbaikan dimasa yang akan datang kepada penulis maupun pembaca.

Penulis,



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	v
LEMBAR PERNYATAAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Insektisida.....	5
2.2 Bahan Aktif .....	7
2.3 Bahaya Penggunaan Insektisida pada Manusia.....	9
2.4 Aerosol .....	11
2.5 Mencit.....	12
2.6 Limpa .....	13
2.7 Electron Spin Resonance (ESR).....	14
2.8 Efek Zeeman .....	18
2.9 Kapasitansi .....	19
2.10 Dielektrik.....	21
2.11 Pengukuran Biolistrik Menggunakan Metode Dielektrik.....	24
2.12 Sitokin .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.2 Alat dan Bahan .....	27
3.3 Tahapan Penelitian .....	27
3.4 Cara Kerja .....	29
3.4.1 Pengadaptasian Hewan Mencit.....	29
3.4.2 Perlakuan terhadap Hewan Mencit.....	30
3.5 Prosedur Penelitian.....	32

3.5.1	Uji Electron Spin Resonance (ESR) .....	32
3.5.2	Uji Dielektrik Organ .....	34
3.5.3	Uji IL-1 $\beta$ .....	36
3.6	Analisa Data .....	36
3.6.1	Uji ESR .....	36
3.6.2	Uji Dielektrik Organ .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian .....	39
4.1.1	Penentuan Konsentrasi Obat Nyamuk .....	39
4.1.2	Kalibrasi Perangkat <i>Electron Spin Resonance</i> (ESR) .....	41
4.1.3	Pengukuran Sifat Kelistrikan Organ Limpa .....	43
4.2	Pembahasan .....	45
4.2.1	Pengaruh Bahan Aktif Transflutrin terhadap Kerusakan Organ Limpa Mencit .....	45
4.2.2	Kerusakan Organ Limpa Akibat <i>reactive oxygen species</i> (ROS) .....	48
4.2.3	Pengaruh Tingkat Kerusakan Organ terhadap Penurunan Konstanta Dielektrik .....	53
4.2.4	Pengaruh Tingkat Kerusakan terhadap Kadar sitokin IL-1 $\beta$ . .....	54
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	57
5.2	Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>59</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>63</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1: Tiga jalur utama pemaparan insektisida pada manusia	9
Gambar 2. 2: Tabung aerosol semprot .....	11
Gambar 2. 3: Mencit putih ( <i>Mus musculus</i> ) .....	12
Gambar 2. 4: Anatomi organ limpa.....	14
Gambar 2. 5: Struktur radikal bebas.....	15
Gambar 2. 6: Efek Zeeman.....	18
Gambar 2. 7: Kapasitor Plat Sejajar yang Dihubungkan Ke Sebuah Baterai .....	19
Gambar 2. 8: Bahan dielektrik diantara dua buah plat kapasitor.....	21
Gambar 2. 9: Pandangan Molekuler Mengenai Bahan dielektrik Antar Plat .....	23
Gambar 3. 1: Diagram tahapan penelitian.....	28
Gambar 3. 2: Pengadaptasian hewan mencit sebelum diberi paparan obat nyamuk <i>one push aerosol</i> tipe-H dan tipe-V .....	29
Gambar 3. 3: Penyemprotan obat nyamuk tipe-H dan tipe-V terhadap sejumlah mencit .....	30
Gambar 3. 4: Diagram alir penelitian terhadap hewan mencit .....	31
Gambar 3. 5: Rangkaian alat <i>electron spin Resonance</i> (ESR) .....	32
Gambar 3. 6: Diagram alir uji <i>electron spin resonance</i> (ESR) .....	33
Gambar 3. 7: Rangkaian uji dielektrik .....	34
Gambar 3. 8: Diagram alir uji dielektrik .....	35
Gambar 4. 1: Grafik hubungan jumlah semprotan obat nyamuk dengan konsentrasi obat nyamuk (ppm).....	40
Gambar 4.2: Kurva resonansi DPPH.....	41
Gambar 4.3:(a) Organ limpa mencit kontrol dalam kumparan (b) Kurva resonansi organ limpa mencit kontrol .....	42
Gambar 4.4: (a) Tabung sampel yang diuji menggunakan ESR (b) Kurva resonansi tabung sampel.....	42
Gambar 4.5:Kurva resonansi dari organ limpa mencit dengan perlakuan.....	43
Gambar 4.6: Hubungan konsentrasi obat nyamuk (ppm) dengan konstanta dielektrik organ .....	44
Gambar 4. 7: Struktur kimia transflutrin .....	46
Gambar 4. 8: Aliran darah dalam limpa .....	47

Gambar 4. 9: Mekanisme rusaknya DNA akibat radikal bebas.....	48
Gambar 4. 10: Cedera sel yang diakibatkan oleh radikal bebas .....	50
Gambar 4. 11: Konfigurasi elektron oksigen singlet dan superoksida .....	51
Gambar 4. 12: Reaksi radikal oksigen singlet .....	52
Gambar 4. 13: Kapasitor dengan bahan dielektrik .....	53
Gambar 4. 14: Grafik perbandingan nilai konstanta dielektrik organ terhadap kadar sitokin IL-1 $\beta$ .....	55



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1: Penggolongan bahan aktif berdasarkan toksisitasnya .....	7
Tabel 2. 2:Berbagai macam formulasi dengan kandungan bahan aktif pada insektisida rumah tangga .....	8
Tabel 2. 3: Nilai biologis hewan mencit putih .....	13
Tabel 2. 4: Nilai faktor-g untuk beberapa jenis radikal bebas.....	17
Tabel 2. 5: Konstanta dielektrikum beberapa material .....	22
Tabel 4. 1: Hasil pengukuran kalibrasi dpph.....	41
Tabel 4. 2: Radikal Bebas Biologis .....	49
Tabel 4. 3: Hasil uji kadar sitokin IL-1 $\beta$ organ .....	55





**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar alat dan bahan.....	63
Lampiran 2. Data hasil perhitungan faktor-g pada tabung tempat menaruh sampel .....	66
Lampiran 3. Data hasil perhitungan faktor-g organ limpa tanpa perlakuan (kontrol) .....	67
Lampiran 4. Data Hasil perhitungan faktor-g organ limpa yang diberi semprotan obat nyamuk tipe-H.....	68
Lampiran 5. Data hasil perhitungan faktor-g organ limpa yang diberi semprotan obat nyamuk tipe-V .....	73
Lampiran 6. Data hasil perhitungan konstanta dielektrik organ limpa kontrol.....	78
Lampiran 7. Data hasil perhitungan konstanta dielektrik organ limpa yang diberi obat nyamuk tipe-H .....	79
Lampiran 8. Data hasil perhitungan konstanta dielektrik organ limpa yang diberi obat nyamuk tipe-V .....	84
Lampiran 9. Kode Etik .....	89
Lampiran 10. Hasil Uji Kadar sitokin IL – $1\beta$ .....	90
Lampiran 11. Sertifikat Bebas Plagiasi .....	91



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar dengan iklim tropis basah. Dampak negatif yang ditimbulkan dari iklim tropis adalah munculnya wabah penyakit yang disebabkan oleh gigitan nyamuk seperti malaria dan demam berdarah (Muslim, 2009). Penyakit yang disebabkan oleh gigitan nyamuk terbanyak ditemukan pada daerah timur Indonesia dengan *Annual parasite incidence* (API) malaria tahun 2016 pada Provinsi Maluku Utara sebesar (2,44), Maluku (3,95), Nusa Tenggara Timur (5,41), Papua Barat (6,79) dan Papua sebesar (45,85) (Kementrian Kesehatan RI, 2017). Penularan penyakit malaria dan demam berdarah dapat terjadi saat kandungan sporozoit dalam kelenjar ludah nyamuk masuk ke tubuh manusia melalui gigitan (Muslim, 2009).

Persebaran nyamuk yang menyebabkan penyakit malaria dan demam berdarah dapat dicegah menggunakan obat nyamuk. Obat nyamuk yang beredar dipasaran terdiri atas banyak jenis seperti *aerosol*, bakar, oles, cair, dan elektrik yang tergolong ke dalam insektisida rumah tangga. Masing-masing dari jenis obat nyamuk memiliki kandungan bahan aktif yang bersifat racun (toksik). Kandungan bahan aktif dalam obat nyamuk digunakan untuk membunuh serangga. Apabila bahan aktif tersebut masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan, saluran pencernaan, dan kulit secara terus menerus dapat menimbulkan beberapa dampak negatif seperti keracunan, alergi, kerusakan organ, gangguan fungsi organ, dan kanker (Raini, 2009). Kandungan bahan aktif yang terkandung dalam obat nyamuk dapat mengakibatkan kerusakan organ salah satunya adalah transflutrin. Transflutrin merupakan jenis insektisida yang tergolong ke dalam piretroid. Transflutrin yang masuk ke dalam tubuh dapat memicu pembentukan radikal bebas. Apabila radikal bebas tersebut saling berinteraksi dengan sel tubuh maka akan bersifat merusak.

Salah satu organ yang mengalami kerusakan adalah limpa. Obat nyamuk tipe-H dengan kandungan transflutrin 25% memberikan kerusakan pada organ limpa yaitu sel normal sebesar 31,95%, sel lisis

48,01%, dan sel limfosit 21,05%. Sedangkan, obat nyamuk Tipe-V dengan kandungan transflutrin 21,3% mengakibatkan kerusakan pada sel normal sebanyak 27,99%, sel lisis 52,03% dan sel limfosit 19% (Sulistyoningsih, 2016). Limpa tersusun atas 2 bagian yaitu pulpa alba yang digunakan dalam sistem imun tubuh untuk melawan partikel asing yang menyebabkan infeksi dan pulpa rubra yang digunakan untuk membuang zat-zat yang tidak dibutuhkan dalam darah seperti sel darah merah yang rusak, pembuangan partikel asing dari darah, *destruksi* sel-sel lain yang dikenal sebagai sistem *retikulo endothelial* (RES) (Handayani and Hariwibowo, 2008). Kerusakan sel limpa disebabkan oleh stress oksidatif. Stres oksidatif merupakan suatu keadaan patologis yang berhubungan dengan peningkatan kecepatan kerusakan sel dan jaringan dalam tubuh akibat induksi oksigen dan turunannya *reactive oxygen species* (ROS). Kerusakan sel terjadi akibat ketidakseimbangan jumlah ROS dan aktivitas fisiologi antioksidan dalam melawan radikal bebas tersebut (Astuti, 2008). Kerusakan juga dapat terjadi karena kurangnya antioksidan dalam tubuh atau kelebihan produksi radikal bebas dalam tubuh. Kerusakan organ limpa dapat mempengaruhi sifat atau karakteristik dari organ tersebut.

Biolistrik adalah suatu sifat atau karakteristik yang dimiliki sel atau jaringan biologis. Sifat biolistrik dapat diamati menggunakan metode dielektrik. Nilai yang terukur pada metode dielektrik yaitu impedansi, induktansi, kapasitansi, konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik dengan menggunakan dua buah plat penghantar yang diberi bahan dielektrik pada bagian tengah (Hidayat, S. Widodo and Saroja, 2014). Pengukuran sifat dielektrik bahan memberikan beberapa gambaran mengenai kemampuan menyimpan, mentransmisikan dan memantulkan energi gelombang elektromagnetik. Pengukuran sifat dielektrik dapat dilakukan dengan mengukur nilai kapasitansi (C) (Nuzula, Widodo and Sucipto, 2014). Perhitungan konstanta dielektrik organ didapat jika telah diperoleh nilai kapasitansi. Pada penelitian ini objek biologis biologis yang digunakan organ limpa dari mencit tanpa perlakuan dan organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk untuk diketahui perbandingan sifat atau karakteristik keduanya. Kerusakan organ limpa dapat diketahui dari nilai konstanta dielektrik dan kadar sitokin.



Sitokin merupakan molekul protein yang dikeluarkan oleh sel T dan sel-sel putih lainnya yang memiliki peran dalam reaksi inflamasi. Sitokin menstimulasi respon imun agar bekerja efisien. Terdapat beberapa sitokin yang bekerja sebagai mediator pada reaksi inflamasi yaitu interleukin 1 (IL-1), interleukin 2 (IL-2), *tumour necrosis factor alpha* (TNF), interferon gamma (IFN- $\gamma$ ). IL-1 terbagi menjadi 2 yaitu IL-1 $\beta$  dan IL-1 $\alpha$ . IL-1 dikeluarkan oleh sel-sel darah sebagai respon terhadap luka dan kerusakan jaringan (Waluyo and Marhaendra, 2014).

Berdasarkan latar belakang diatas perlu dilakukan pengkajian mengenai kandungan radikal bebas, sifat kelistrikan dan kadar sitokin IL-1 $\beta$  organ limpa dari mencit tanpa perlakuan dan organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, didapatkan perumusan masalah seperti, apa saja kandungan radikal bebas yang terdapat pada organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk tipe-H dan tipe-V, bagaimana sifat kelistrikan pada organ limpa dari mencit tanpa perlakuan dan organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk dan bagaimana pengaruh pemberian obat nyamuk terhadap kadar IL-1 $\beta$  organ limpa.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi jenis kandungan radikal bebas pada organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk tipe- H dan tipe V, menganalisis sifat kelistrikan organ limpa dari mencit tanpa perlakuan dan organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk dan mengetahui pengaruh pemberian penyemprotan obat nyamuk terhadap kadar IL-1 $\beta$  organ limpa.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah digunakan agar pembahasan yang dibahas tidak meluas seperti mencit yang digunakan berjenis kelamin jantan dengan usia 2-3 bulan tanpa memperdulikan keadaan awal dan

regenerasinya, uji kadar sitokin IL-1 $\beta$  menggunakan sampel organ limpa tanpa perlakuan (kontrol) dan organ limpa dengan perlakuan pemberian semprotan paling banyak yaitu 5 kali semprot, konsentrasi bahan aktif obat nyamuk untuk semua variasi semprotan tidak dibahas, obat nyamuk yang digunakan adalah obat nyamuk *one push aerosol* dengan kandungan transflutrin 25% untuk tipe-H dan 21,3% untuk tipe-V.

### 1.5 Manfaat penelitian

Dengan dilaksanakannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi terkait jenis kandungan radikal pada obat nyamuk *one push aerosol* yang bersifat merusak organ dan mengetahui kerusakan organ yang ditimbulkan obat nyamuk berdasarkan sifat kelistrikan dan kadar sitokin IL-1 $\beta$ .



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Insektisida

Pestisida merupakan bahan kimia yang sering digunakan untuk mengendalikan, membasmi, dan mencegah berbagai organisme pengganggu atau hama. Salah satu jenis pestisida adalah *insektisida*. Insektisida berasal dari kata *insecta* (serangga) dan *cida* (pembunuh), sehingga insektisida berarti ‘bahan kimia beracun yang digunakan untuk membunuh serangga’.

Insektisida yang digunakan untuk mengendalikan hama ada dua macam, yaitu *insektisida kimiawi* dan *insektisida biologis* (Haryono, 2015). Berikut ini adalah contoh insektisida kimiawi yang biasa digunakan pada lingkup rumah tangga menurut (Raini, 2009).

1. *Organoklorin*, yakni *chlorinated hydrocarbon* yang secara kimiawi tergolong kedalam insektisida dengan sifat relatif stabil dan kurang reaktif. Ke-kurangreaktif-an tersebut ditandai oleh lamanya proses penguraian zat residu di air dan tanah. Proses penguraian bisa memakan waktu hingga beberapa tahun setelah pemakaian insektisida dihentikan. Salah satu Insektisida *organoklorin* yang terkenal adalah DDT. *Organoklorin* merupakan racun yang menyerang susunan saraf serangga dan mamalia. Mencit yang telah mengonsumsi *organoklorin* menderita penyakit hepatoma (kanker hati) (Raini, 2009).
2. *Organofosfat*, yakni ester asam fosfat atau asam tiofosfat. *Organofosfat* berbeda dengan *organoklorin* dari segi waktu paruhnya. Waktu paruh *organoklorin* tergolong panjang, sedangkan waktu paruh *organofosfat* bergantung pada derajat keasaman (pH). Apabila pH netral, waktu paruh *organofosfat* hanya berkisar antara beberapa jam dan beberapa minggu untuk *paration*. Ketika pH sedikit asam, waktu paruh akan meningkat beberapa kali dari keadaan semula. *Organofosfat* bekerja dengan memblokade penyaluran impuls saraf dan mengikat enzim *asetilkolinesterase* (AChE). Pemblokadean ini mengakibatkan terjadinya penumpukan *asetilkolin*, sehingga aktivitas saraf meningkat. Gejala yang ditimbulkan adalah sakit kepala, kejang otot, dan lumpuh (Raini, 2009).

3. *Karbamat*, yakni ester asam N-metilkarbamat. Karbamat bekerja seperti organofosfat dengan menghambat enzim *asetilkolinesterase* (AChE). Pengaruh yang ditimbulkan karbamat terhadap enzim berlangsung cepat dan reversibel. Insektisida karbamat bertahan didalam tubuh selama 1—24 jam, sehingga zat tersebut cepat di ekskresikan (Raini, 2009).
4. *Piretroid*, yakni jenis insektisida yang banyak digunakan dalam lingkup rumah tangga. *Piretroid* yang digunakan dapat berupa koil atau bakar atau semprot. Insektisida *piretroid* bekerja dengan menghalangi *sodium channels* pada serabut saraf serangga, sehingga jalannya impuls saraf terhambat. *Piretroid* sering dikombinasikan dengan *piperonyl buloxide*, penghambat enzim *mikrosomal oksidase* dalam serangga. Kombinasi kedua bahan ini mengakibatkan kematian pada serangga. *Piretroid* pada manusia memiliki toksisitas yang rendah karena tidak diserap oleh kulit. Namun dalam jumlah yang besar, zat ini dapat mengakibatkan alergi. Kecilnya risiko penggunaan *piretroid* pada manusia membuat insektisida jenis ini sering digunakan dalam lingkup rumah tangga, baik dalam bentuk semprot non aerosol, aerosol (dengan gas pendorong), elektrik, maupun koil atau bakar (Raini, 2009).
5. DEET, yakni jenis insektisida yang memiliki nama lain—menurut IUPAC (*the international union of pure and applied chemistry*)— *N,N-Diethyl-3-methylbenzamide* atau *N,N-Diethyl-m-toluamide*. DEET adalah jenis insektisida oles berbentuk *lotion*. DEET bekerja dengan memblokir *receptor olfactory* serangga, sehingga menghilangkan keinginan serangga untuk menggigit manusia. Meskipun DEET tidak dinyatakan secara pasti sebagai penyebab kanker pada manusia, DEET berpotensi menimbulkan keracunan karena mampu menembus kulit. Hal ini menyebabkan DEET tidak disarankan untuk dipakai berulang setelah 8 jam (Raini, 2009).

## 2.2 Bahan Aktif

Insektisida digolongkan menjadi beberapa golongan, yaitu (1) menurut cara kerjanya, (2) menurut senyawa atau bahan aktifnya, (3) menurut sifatnya, dan (4) menurut kekhususannya. Dosis penggunaan insektisida merupakan banyaknya bahan aktif insektisida yang direkomendasikan atau diperbolehkan pada satuan luas atau volume area tertentu (Sasono, 2012). Penggolongan bahan aktif dapat dilihat pada Tabel 2.1. Kandungan insektisida pada umumnya memiliki daya racun yang tinggi, sehingga untuk mengurangi daya racun tersebut, insektisida diformulasikan dalam berbagai bentuk. Umumnya, satu formulasi mengandung bahan aktif (*active ingredients*) dan pembawa (*carrier*) (Lukito, Iswanto and Riawan, 2010). Formulasi obat nyamuk dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 1:** Penggolongan bahan aktif berdasarkan toksisitasnya (Joharina and Alfiah, 2012)

Bahan Aktif	Golongan Insektisida	Tingkat toksisitas
Sipermetrin	Piretroid	IIIU
Imiprotrin	Piretroid	III
Transflutrin	Piretroid	IIIU
Praletrin	Piretroid	III
Sifenotrin	Piretroid	II
d-allettrin	Piretroid	III
permetrin	Piretroid	II
propoksur	Karbamat	II
siflutrin	Piretroid	II
d-fenotrin	Piretroid	IIIU
metoflutrin	Piretroid	IIIU
DEET	Piretroid	IIIU
Deltametrin	Piretroid	II

Keterangan :

IA : Sangat berbahaya sekali      IB : Sangat berbahaya

II : Berbahaya      III : Cukup Berbahaya

IIIU: Tidak bebahaya jika digunakan secara normal

**Tabel 2. 2:**Berbagai macam formulasi dengan kandungan bahan aktif pada insektisida rumah tangga (Joharina and Alfiah, 2012)

Formulasi	Merk Dagang	Bahan Aktif	Konsentrasi
Liquid	Baygon	Sipermetrin	0,4 g/l
		Imiprotrin	0,32 g/l
	Vape	transflutrin	0,2 g/l
		praletrin	0,2886 g/l
		sifenotrin	0,5778 g/l
Coil	Baygon	d-alletrin	0,1 %
		transflutrin	0,028 %
	Vape	metoflutrin	0,015 %
	Domestos	metoflutrin	0,01 %
	Nomos	d-alletrin	0,20 %
Aerosol	Bagus	d-alletrin	0,25 %
	Baygon	Sipermetrin	0,10 %
		transflutrin	0,06 %
	Vape non one push aerosol	Imiprotrin	0,05 %
		praletrin	0,105 %
		permetrin	0,25 %
	Hit non one push aerosol	propoksur	
		d-alletrin	1,18 %
		transflutrin	0,22 %
	Raid	siflutrin	0,06 %
		praletrin	0,06 %
		d-fenotrin	0,073 %
	Tigaroda	praletrin	0,1 %
		permetrin	0,09 %
	Force magic	sipermetrin	0,15 %
	Carrefour		0,22 %
Vaporizer: Mat	Vape	Metoflutrin	0,198 mg/g
		d-alletrin	40 mg/2l g
		transflutrin	3 mg/2l g
		metoflutrin	4 g/l
		d-alletrin	0,222 g/l
		praletrin	13 g/l
		d-alletrin	0,01g/l
		praletrin	13,12 g/l

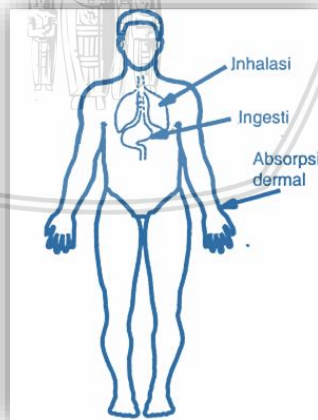
**Lanjutan Tabel 2.2**

Lotion	Vape Soffell Autan	DEET DEET DEET	12,5 % 13 % 12,5 %
Kertas bakar	Hit	Transflutrin	0,006 %
Kapur Anti Serangga	Hit	Deltametrin d-allevrin	0,6 % 0,001 %

### 2.3 Bahaya Penggunaan Insektisida pada Manusia

Bahan atau zat kimia yang terdapat dalam insektisida mengandung racun. Tujuan utama penggunaan bahan aktif insektisida adalah membunuh serangga dengan cara memblokir atau menghambat kerja bagian sistem sarafnya. Zat kimia insektisida tidak hanya berdampak pada serangga, tetapi juga pada lingkungan sekitar, termasuk manusia.

Terdapat tiga jalur utama penginfeksian insektisida pada tubuh manusia, yaitu (1) penetrasi melalui kulit (*dermal*), (2) penyerapan pada paru-paru (*inhalasi*), dan (3) absorpsi melalui saluran pencernaan (*ingesta*) ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Widyastuti and Ester, 2005)



**Gambar 2. 1:** Tiga jalur utama pemaparan insektisida pada manusia (Widyastuti and Ester, 2005)

*Pertama*, pemaparan melalui kulit (*dermal*) bergantung pada daya absorpsinya. Semakin besar penyerapan dalam tubuh menyebabkan zat tersebut untuk mengeluarkan efek toksisitasnya. Zat kimia yang terpapar ke kulit lebih banyak diabsorpsi oleh kulit yang rusak atau tergores. Oleh sebab itu, penggunaan insektisida seperti obat nyamuk tidak disarankan untuk penderita luka terbuka. Zat kimia yang menembus kulit akan masuk melalui pembuluh darah dan mengalir ke seluruh bagian tubuh. Efek yang ditimbulkan adalah iritasi karena penderita terlalu sering menggunakan zat kimia tersebut. Setelah beberapa waktu, kulit akan mengering, nyeri, pecah-pecah, dan mengalami pendarahan (Widyastuti and Ester, 2005).

*Kedua*, pemaparan melalui paru (*inhalasi*) terjadi ketika zat kimia pada udara masuk melalui sistem pernapasan. Fungsi utama dari paru adalah sebagai tempat pertukaran oksigen dari udara ke dalam darah dan tempat pengeluaran karbon dioksida dari darah ke udara. Jika zat kimia masuk ke paru-paru, jaringan paru yang sangat tipis memungkinkan zat kimia masuk ke dalam darah. Efek yang ditimbulkan bergantung pada jumlah, lama pemaparan, dan status kesehatan orang yang terpapar. Adapun penyakit kelainan yang ditimbulkan meliputi penyakit pernapasan dan penyakit jantung paru (Widyastuti and Ester, 2005).

*Ketiga*, pemaparan melalui saluran pencernaan (*ingesta*) terjadi ketika zat kimia bercampur dengan makanan atau minuman, sehingga masuk kedalam tubuh melalui saluran gastrointestinal. Absorpsi zat kimia dapat berlangsung disepanjang saluran pencernaan, dari mulut sampai rektum. Usus halus merupakan bagian utama tubuh yang memiliki fungsi untuk menyerap zat gizi. Apabila zat kimia masuk kedalam saluran pencernaan, efek yang ditimbulkan adalah keracunan dan gangguan sistem saraf (Widyastuti and Ester, 2005).

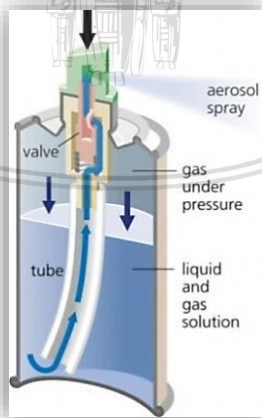
Jalur pemaparan yang memiliki toksik paling besar adalah saluran pernafasan paru (*inhalasi*). Selanjutnya, jalur terbesar ke-2 adalah absorpsi saluran pencernaan (*ingesta*). Terakhir, absorpsi lewat kulit (*dermal*) (Widyastuti and Ester, 2005).



## 2.4 Aerosol

Aerosol merupakan sistem koloid yang memiliki medium pendispersi adalah gas atau udara. Bila fase terdispersinya padat disebut aerosol padat seperti asap (*smoke*) yaitu butiran-butir-butir karbon halus dalam udara, uap amonium klorida, dan debu dalam udara. Apabila fase terdispersinya adalah cair disebut aerosol cair misalnya awan dan kabut (*fog*) yaitu titik-titik air dalam udara. Campuran gas terletak didalam suatu wadah yang diberi tekanan berisi propelan atau campuran propelan untuk memancarkan campuran partikel tersebut keluar dari wadah dengan bentuk fisik yang diinginkan (Sumardjo, 2008).

Obat nyamuk jenis *aerosol* lebih mudah digunakan dan mampu bekerja lebih cepat karena memiliki ukuran partikel yang sangat kecil, sehingga mudah menembus celah-celah kecil. Partikel kecil menandakan bahwa insektisida yang digunakan berjumlah sedikit, sehingga dosisnya aman untuk manusia. Namun, karena efektivitas penggunaan obat anti nyamuk aerosol ini bergantung terhadap volume ruangan dan kerentanan organisme target, kekurangan dari aerosol adalah sulitnya penentuan ukuran yang tepat untuk didispersikan (Joharina and Alfiah, 2012). Bagian-bagian dari tabung aerosol dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2. 2:** Tabung aerosol semprot

## 2.5 Mencit

Mencit atau tikus putih memiliki nama latin *Mus musculus*. Mencit merupakan hewan mamalia yang sering digunakan sebagai objek penelitian. Hewan coba mencit dapat dilihat pada Gambar 2.3. Klasifikasi ilmiah dari mencit menurut (Andri, 2007) adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Mamalia
Ordo	: Rodentia
Famili	: Muridae
Genus	: Mus
Spesies	: <i>Mus musculus</i>



**Gambar 2. 3:** Mencit putih (*Mus musculus*)

Salah satu proses pemakaian mencit dalam penelitian adalah pada rekayasa genetika. Pemasukan gen asing ke dalam sel lebih mudah dilakukan pada hewan dari pada tumbuhan. Mencit dipilih karena sebagian besar gen mencit melakukan fungsi yang sama dengan gen manusia, sehingga mencit digunakan sebagai hewan ideal untuk studi perkembangan dan penyakit manusia (Brookes, 2005).

Menurut (Andri, 2007) nilai biologis hewan mencit ditunjukkan oleh Tabel 2.3:

**Tabel 2. 3:** Nilai biologis hewan mencit putih

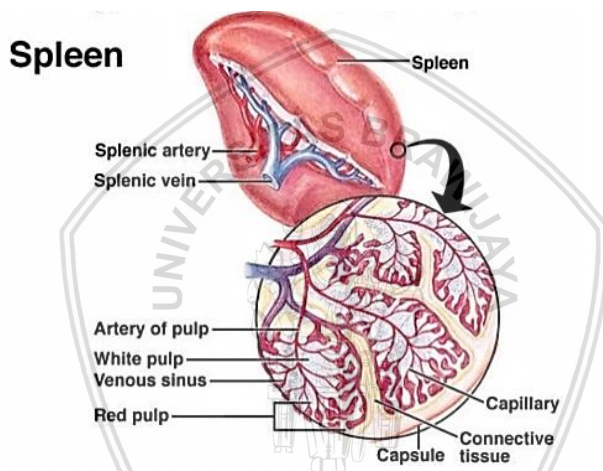
Kriteria	Keterangan
Lama bunting	19-21 hari
Umur disapih	21 hari
Umur dewasa	35 hari
Umur dikawinkan	Delapan minggu
Berat Dewasa	
Jantan	20-40 gram
Betina	18-35 gram
Berat Lahir	0,5-1,0 gram
Berat sapih	18-20 gram
Jumlah anak	Rata-rata enam, dapat 15
Kecepatan tumbuh	ekor
Siklus estrus	1 gram/hari
Perkawinan	4-5 hari
Fertilisasi	Pada waktu estrus
Aktivitas	Dua jam setelah kawin
	Nokturnal (malam)

## 2.6 Limpa

Limpa adalah jaringan limfatik terbesar didalam tubuh yang memiliki bentuk oval, berwarna ungu, dan terletak di pojok atas kiri abdomen, dibawah *costae* (iga) sembilan, *costae* sepuluh, dan *costae* sebelas. Limpa memiliki permukaan luar berbentuk cembung (konveks) yang berhadapan dengan diafragma dan permukaan medial yang cekung (konkaf) yang berhadapan dengan lambung, *flexura lienalis colon*, dan ginjal kiri (Gibson, 2002).

Struktur limpa terdiri atas organ *retikulo-endotelial* (RES) yang sangat vaskular dan berupa kapsul tipis dari trabekula yang berjalan menuju folikel *lienalis*. Limpa memiliki pusat imunologi, yaitu folikel limfoid (folikel putih) yang tersebar diseluruh sinusoid yang sangat vaskular (folikel merah) (Faiz and Moffat, 2002). Anatomi organ limpa dapat dilihat pada Gambar 2.4. Limpa terdiri atas jaringan

limfoid yang berperan dalam sel imun (imunologik). Peningkatan sistem imun dapat memberikan efek pertahanan tubuh terhadap gen asing yang dapat mengakibatkan kerusakan sel atau jaringan. Pemberian bahan kimia seperti aloksan dapat menginduksi pengeluaran ion kalsium dari mitokondria. Pengeluaran ion kalsium dari mitokondria mengakibatkan gangguan homeostatis yang dapat menyebabkan kematian sel sehingga dapat memacu sistem imun (Yuliani, 2011).



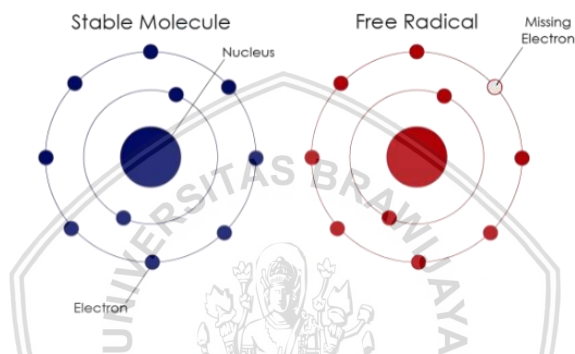
**Gambar 2. 4:** Anatomi organ limpa

Limpa berfungsi dalam membentuk sel eritrosit pada janin, menghancurkan (mendestruksi) sel eritrosit tua, menyimpan zat besi dari sel yang dihancurkan, memproduksi bilirubin dari eritrosit, membentuk limfosit dalam folikel limpa, membentuk imunoglobulin, dan membuang partikel asing dari darah (Handayani and Hariwibowo, 2008).

## 2.7 Electron Spin Resonance (ESR)

*Electron spin resonance* (ESR) adalah sebuah metode penelitian yang digunakan untuk mengetahui keberadaan dan jenis radikal bebas. Struktur radikal bebas dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Radikal bebas merupakan senyawa atau molekul yang mempunyai kandungan elektron tanpa pasangan. Radikal yang tidak berpasangan ini bersifat reaktif tidak stabil dan terus-menerus mencari pasangannya. Bahaya dari radikal bebas didalam tubuh adalah menimbulkan reaksi berantai disepanjang molekul DNA yang menyebabkan putusnya tali DNA, kerusakan DNA, dan mutasi DNA. Radikal bebas terbentuk karena penyakit, racun, obat-obatan, logam, asap rokok, asap knalpot, panas, kekurangan oksigen, dan kekurangan cahaya matahari (Youngson, 2005).



**Gambar 2. 5:** Struktur radikal bebas

Metode ESR terjadi saat elektron tidak berpasangan pada molekul paramagnetik menyerap energi gelombang elektromagnetik. Ketika elektron berada didalam suatu kumparan magnet kuat arah spin elektron akan mengalami pensejajaran dengan arah medan magnet. Jika ditambahkan medan magnet osilasi gelombang mikro akan terjadi resonansi magnetik menimbulkan pembalikan arah spin. Resonansi magnetik merupakan peristiwa ketika spin magnetik dari atom tertentu menyerap frekuensi saat terjadi medan magnet bolak-balik. Sehingga pembalikan arah spin tersebut memancarkan energi yang ditangkap berupa sinyal yang dapat diamati (Utomo, Retnowati and Juswono, 2013).

ESR memberikan hubungan antara momentum sudut intrinsik elektron dengan momen magnet dalam persamaan 2.1.

$$\mu = g\beta s \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\mu$  = momen magnet

$g$  = faktor lande (2,0023 J/T)

$\beta$  = Magneton Bohr ( $9,274078 \times 10^{-24}$  J/T)

Faktor *lande* menunjukkan hubungan antara interaksi spin orbit dan elektron paramagnet inti atom yang berada disekitarnya. Penentuan nilai  $g$  didapatkan pada saat terjadi resonansi magnetik, yaitu ketika sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar  $hf$  dan sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin. Jenis radikal bebas dapat diketahui berdasarkan nilai  $g$ . Nilai  $g$  berbeda tiap jenis radikal bebas (Fauziah, Juswono and Herwiningsih, 2012). Nilai  $g$  dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$h$  = konstanta plank ( $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ W s}^2$ )

$\mu_B$  = Magneton Bohr ( $\mu_B = 9,273 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ )

$B$  = Medan magnet eksternal (T)

Sedangkan untuk menentukan medan magnet ( $B$ ) eksternalnya pada ESR Leybold Heracus menggunakan persamaan 2.3.

$$B = \mu_0 \left( \frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$

$n$  = jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz ( $n=320$ )

$r$  = Jari-jari kumparan Helmholtz ( $r = 6,8 \text{ cm}$ )

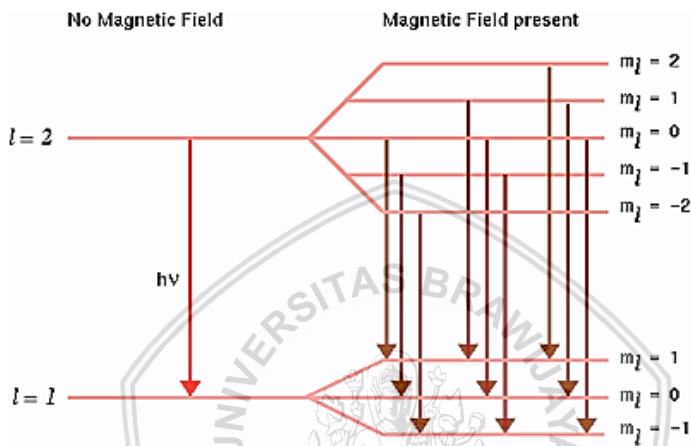
$I$  = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A) menurut (Fauziah, Juswono and Herwiningsih, 2012).

**Tabel 2. 4:** Nilai faktor-g untuk beberapa jenis radikal bebas

No	Nama Radikal Bebas	Nilai faktor-g
1	O	1,501
2	$O_2^-$	1,501-1,75
3	$Fe^{3+}$	1,77
4	$MnO_2$	1.8367
5	FeS	1.86
6	Hidroperoxida	1.9896
7	$CO^{2-}$	1.996
8	Cu	1.997
9	$SO_4^-$	1.9976
10	Hydroxyl	2.00047
11	$CO^2$	2.0007
12	Alkoxy	2.0016
13	Hellium	2,002
14	Methanol	2.00205
15	Alkyl	2.00206
16	Free Radikal	2.00232
17	Hidrogen	2.00232
18	Methil	2.00255
19	DPPH	2,0036
20	$SO_3^-$	2.0037
21	Ethyl	2.0044
22	C	2.00505
23	Peroxy	2.0155
24	$O_2$	2,0356
25	CuOx	2.098
26	$CuGeO_3$	2.154
27	$YBa_2Cu_3O_7$	2.24
28	Cu-HA	2.289
29	Hg	4.0

## 2.8 Efek Zeeman

Efek Zeeman dapat diartikan sebagai pecahnya energi kulit atom yang disebabkan oleh pengaruh medan magnet eksternal. Efek Zeeman pada atom dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6: Efek Zeeman

Efek Zeeman terbagi menjadi dua yaitu efek Zeeman normal dan efek Zeeman anomali. Efek Zeeman normal adalah terpecahnya satu garis spektrum menjadi tiga garis spektrum. Sedangkan efek Zeeman anomali adalah terpecahnya satu garis spektrum menjadi lebih dari tiga spektrum (Lestiana, 2011).

Pada efek Zeeman kekuatan dari interaksi dalam setiap tingkat energi ditunjukkan dengan momentum angular dari atom.

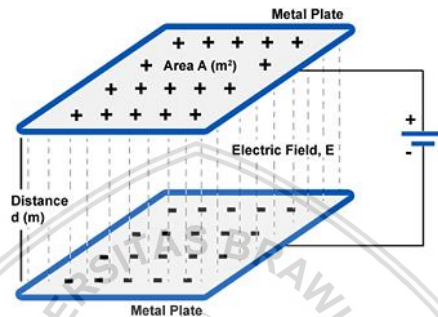
$$J = L + S$$

Dimana  $L$  dan  $S$  adalah orbital spin momentum angular. Nilai  $J$  diperoleh dari  $(L-S)$  hingga  $(L+S)$ .  $J$  disebut sebagai bilangan kuantum  $m_j$  (Lestiana, 2011). Apabila medan magnet  $B \ll 0$  maka kulit atom tidak akan terpecah. Tetapi, saat diberikan medan magnet  $B \gg 0$  maka spin akan terpecah.



## 2.9 Kapasitansi

Kapasitor atau kondensator merupakan sebuah alat yang dapat menyimpan muatan. Alat ini memiliki dua buah lembaran plat yang letaknya berdekatan tetapi tidak saling bersentuhan. Kapasitor terbagi menjadi dua jenis, yaitu kapasitor plat sejajar dan kapasitor bentuk silinder (plat sejajar yang digulung).



**Gambar 2. 7:** Kapasitor Plat Sejajar yang Dihubungkan Ke Sebuah Baterai

Gambar 2.7 memperlihatkan hubungan antara banyaknya muatan  $Q$  dengan potensial  $V$ . Saat kapasitor dihubungkan dengan sebuah baterai, plat akan cepat menjadi bermuatan. Satu sisi bermuatan  $+Q$  dan sisi lain bermuatan  $-Q$ . Jumlah muatan  $Q$  yang didapat sebanding dengan beda potensial  $V$ . Hubungan muatan dan potensial ditunjukkan oleh persamaan 2.4.

$$Q = CV \quad (2.4)$$

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$Q$  = muatan elektron dalam C (Coulomb)

$C$  = nilai kapasitansi dalam F (Farad)

$V$  = besar tegangan dalam V (Volt)

Konstanta pembanding ( $C$ ) disebut kapasitansi kapasitor. Kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik disebut kapasitansi. Nilai kapasitansi bergantung pada struktur dan dimensi

kapasitor. Kapasitansi merupakan perbandingan antara muatan  $Q$  dan tegangan  $V$ . Satuan kapasitansi adalah coulomb per volt atau farad (F) ( $1 \text{ Farad} = 1 \text{ C/V}$ ). Kisaran kapasitansi pada kapasitor adalah  $1 \text{ pF}$  (pikofarad =  $10^{-12} \text{ F}$ ) sampai  $1 \mu\text{F}$  (mikrofarad =  $10^{-6} \text{ F}$ ) (Giancoli, 2001).

Kapasitor yang umum digunakan adalah kapasitor plat sejajar. Menurut Hukum Gauss, masing-masing pelat yang saling berhadapan memiliki luas  $A$ , dipisahkan oleh jarak  $d$ , serta memiliki kapasitansi sebagaimana pemaparan (Giancoli, 2001) berikut.

Medan Listrik,

$$E = \frac{Q}{A\epsilon_0} \quad (2.6)$$

Dimana,

$$V = Ed \quad (2.7)$$

Persamaan 2.6 disubstitusikan pada persamaan 2.7, menjadi.

$$V = \left( \frac{Q}{A\epsilon_0} \right) d \quad (2.8)$$

Persamaan 2.8 disubstitusikan pada persamaan 2.5, menjadi.

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{(Q/A\epsilon_0)d} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$C$  = Nilai Kapasitansi dalam F (farad)

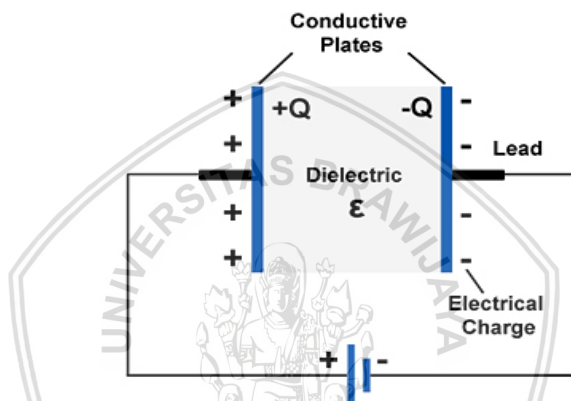
$\epsilon_0$  = Permittivitas hampa udara ( $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ )

$A$  = Luas area pelat ( $\text{m}^2$ )

$d$  = Jarak antar pelat (m) (Giancoli, 2001).

## 2.10 Dielektrik

Sebagian besar kapasitor memiliki lembar isolator–misalnya kertas atau plastik–yang disebut dielektrikum atau bahan dielektrik yang diletakan diantara plat-platnya. Fungsi diletakan dielektrikum pada ruang di-antara kedua plat kapasitor tersebut adalah untuk menaikkan kapasitansi karena terdapat proses polarisasi yang berlangsung di dalam material pengisolasi tersebut, seperti terlihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2. 8:** Bahan dielektrik diantara dua buah plat kapasitor

Konstanta dielektrik merupakan sebuah perbandingan energi listrik yang tersimpan dalam bahan tersebut jika diberi suatu potensial, relatif terhadap ruang hampa (vakum). Seringkali orang menulis konstanta dielektrik dengan lambang  $K$ ,  $\kappa$ , atau  $D_k$  sebagai  $\epsilon_r$  (R and Supriyadi, 2014).

Hubungan antara kapasitansi bahan dielektrik dan konstanta dielektrik terlihat pada persamaan 2.10 sampai 2.14.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.10)$$

dimana,

$$\epsilon = K \epsilon_0 \quad (2.11)$$

sehingga,

$$C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.12)$$

Dengan  $\varepsilon$  adalah permitivitas dielektrik bahan. Rumus kapasitas kapasitor keping sejajar yang diisi bahan dielektrik menjadi.

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.13)$$

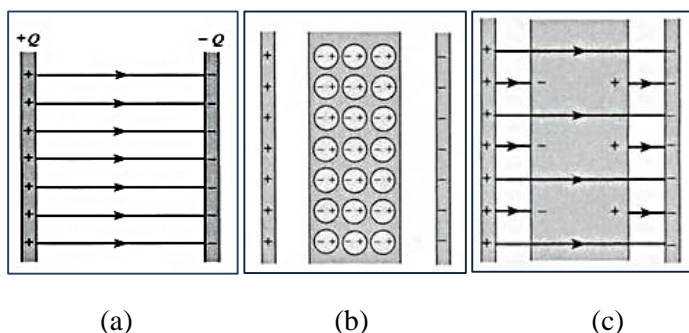
Nilai kapasitansi yang didapat menggunakan persamaan diatas digunakan untuk mendapatkan nilai konstanta dielektrik.

$$\varepsilon_r = \frac{C.d}{\varepsilon_0.A} \quad (2.14)$$

Masing-masing nilai konstanta dielektrik untuk beberapa material atau bahan ditunjukkan pada Tabel 2.5

**Tabel 2. 5:** Konstanta dielektrikum beberapa material (Giancoli, 2001)

Bahan	Konstanta Dielektrikum,
Hampa udara	1,0000
Udara (1 atm)	1,0006
Parafin	2,2
Karet, padatan	2,8
Vinyl (Plastik)	2,8 – 4,5
Kertas	3 – 7
Kuarsa	4,3
Kaca	4 – 7
Porselen	6 – 8
Mika	7
Ethyl alkohol	24
Air	80



**Gambar 2. 9:** Pandangan Molekuler Mengenai Bahan dielektrik Antar Plat (Giancoli, 2001)

Gambar 2.9 (a) memperlihatkan bahwa saat kapasitor plat sejajar dipisahkan oleh udara, satu sisi plat kapasitor bermuatan  $+Q$  dan sisi lain bermuatan  $-Q$ . Kapasitor diisolasi (tidak dihubungkan dengan baterai), sehingga muatan tidak bisa mengalir diantara plat. Kedua plat tidak memiliki beda potensial ( $V$ ), yaitu  $V_0$ .

Gambar 2.9 (b) menunjukkan bagian tengah kapasitor disisipi dielektrikum atau bahan elektrik diantara kedua plat. Molekul dielektrikum dapat berupa polar atau non-polar. Apabila molekul bersifat polar, elektron didalam bahan menyebar secara tidak merata dan memiliki satu bagian molekul positif dan satu bagian negatif. Diantara kedua pelat terdapat medan listrik, sehingga molekul-molekul akan mengalami orientasi seperti terlihat pada gambar. Namun, jika molekul bersifat non-polar, medan listrik pada pelat akan menginduksi beberapa pemisahan muatan pada molekul dan tetap seperti terlihat pada Gambar 2.9 (b).

Gambar 2.9 (c) memperlihatkan efek neto pada setiap kasus. Ada muatan negatif total yang terletak di sisi luar dielektrikum yang menghadap plat positif dan ada muatan positif total yang terletak sisi yang berlawanan. Beberapa garis medan listrik pada pelat sebenarnya tidak menembus dielektrikum, tetapi berakhir (dan mulai kembali) pada muatan-muatan yang diinduksi pada permukaan dielektrikum (Giancoli, 2001).

## 2.11 Pengukuran Biolistrik Menggunakan Metode Dielektrik

Biolistrik merupakan salah satu sifat atau karakteristik yang dimiliki makhluk hidup pada sel atau jaringan biologisnya. Sifat ini dihasilkan oleh berbagai peristiwa yang dipengaruhi oleh senyawa metabolisme dan pertukaran ion dalam tubuh makhluk hidup. Sifat ini dapat diamati menggunakan metode dielektrik. Metode dielektrik adalah metode yang memanfaatkan prinsip penggunaan dua buah pelat penghantar yang diberi bahan berupa objek biologis pada bagian tengah. Beberapa variabel pengukuran yang digunakan untuk menentukan sifat biolistrik pada metode dielektrik meliputi impedansi, induktansi, kapasitansi, konstanta dielektrik, dan konduktivitas listrik. Sifat ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu frekuensi, kadar air, suhu, densitas, komposisi, dan struktur materi. Metode ini dinilai lebih efisien dan cepat dalam menentukan sifat kelistrikan sel atau jaringan biologis (Hidayat, S. Widodo and Saroja, 2014).

Metode dielektrik yang digunakan untuk mengetahui sifat kelistrikan bahan yaitu dengan menggunakan kapasitansi meter. Pengukuran ini menggunakan plat dengan ukuran 20 mm x 10 mm dengan jarak 0,2 mm yang dihubungkan ke kapasitansi meter menggunakan kabel untuk mengukur sifat kelistrikan sampel uji. Sampel uji merupakan proses pengukuran terhadap nilai kapasitansi. Hasil pengukuran berupa nilai kapasitansi akan ditampilkan pada layar kapasitansi meter. Setelah didapatkan nilai kapasitansi, dilakukanlah perhitungan untuk mendapatkan nilai konstanta dielektrik organ.

## 2.12 Sitokin

Sitokin merupakan protein yang larut dan dikeluarkan oleh sel limfosit dan sel-sel lain seperti makrofag, sel mast, sel endotel dan eosinophil. Sitokin diproduksi oleh sel dalam tubuh sebagai respon terhadap rangsangan. Sitokin ditinjau berdasarkan sumber sel yang mengeluarkannya, efeknya terhadap sel dan berdasarkan jenis ikatan reseptornya.

Pertama, sitokin yang memiliki peran imunitas bawaan adalah interferon tipe 1; TNF- $\alpha$  (*tumor necrosis factor- $\alpha$* ), IL-1 (interleukin-1), IL-6 (interleukin-6) dan chemokin.

Kedua, Sitokin yang berperan dalam mengatur aktivasi, pertumbuhan dan difrensiasi sel limfosit seperti IL-2 (interleukin-2), IL-4 (interleukin-4), dan TGF-b (*transforming growth factor -b*).

Ketiga, sitokin yang berperan dalam mengatur mediator imun dalam proses inflamasi seperti interferon-g, limfotoksin, IL-10 (interleukin-10), IL-2 (interleukin-2), *migration inhibition factors*, dan TNF-  $\alpha$  (*tumor necrosis factor- $\alpha$* ) (Soeroso, 2007).

IL-1 (interleukin-1) merupakan polipeptida dengan berat molekul sebesar 14 kD sampai 17 kD. Terdapat 2 jenis IL-1 (interleukin-1) yaitu IL-1 $\alpha$  dan IL-1 $\beta$ . IL-1 (interleukin-1) diproduksi oleh sel makrofag yang teraktivasi oleh substansi-substansi mikroba, kompleks imun atau sitokin-sitokin lain (Haniastuti, Susilowati and Djais, 2007).



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2018 sampai bulan April 2018 bertempat di Laboratorium Fisiologi Hewan Jurusan Biologi Fakultas Saintek Universitas Islam Maulana Maliki Ibrahim Malang, Laboratorium Fisika Lanjutan dan Laboratorium *Measurements and Cyrcuit System* (MCS) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.

### 3.2 Alat dan Bahan

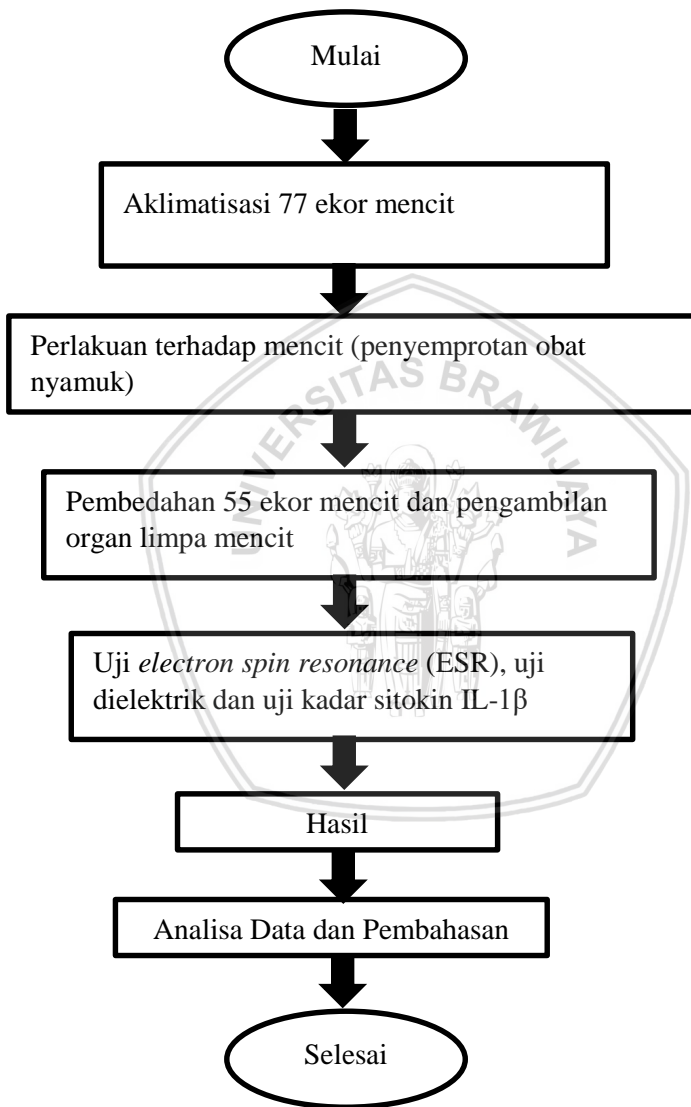
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu chamber, timbangan digital, seperangkat alat bedah, cawan petri, seperangkat alat ESR Leybold-Heracus, tabung durham, kapasitansi meter, plat tempat meletakkan sampel, multichannel pipet, blue tip, yellow tip, white tip, mikro pipet, vortex, tube, sentrifuge, dan elisa reader. Sedangkan bahan yang digunakan adalah mencit jantan berusia 2-3 bulan sebanyak 55 ekor, obat nyamuk semprot *one push aerosol* tipe-H dan tipe-V, kalibrator DPPH, larutan aseton, organ limpa mencit, coating buffer, BSA 1%, larutan PBS, tween, antibodi primer dan antibodi sekunder, sureblue TMB, dan HCL IN.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian dimulai dari aklimatisasi mencit, kemudian dilakukan penyemprotan terhadap mencit dengan obat nyamuk *one push aerosol* tipe-H dan tipe-V. Tahapan berikutnya adalah pembedahan mencit dan pengambilan organ limpa. Kemudian organ limpa dipotong menjadi 3 bagian. Masing-masing potongan dibagi ke dalam 3 uji yaitu uji radikal bebas menggunakan alat ESR, uji sifat kelistrikan menggunakan alat kapasitansi meter, dan uji kadar sitokin IL-1 $\beta$ . Tahapan akhir yaitu dilakukan identifikasi mengenai jenis radikal bebas pada organ mencit yang terpapar obat nyamuk tipe-V dan tipe-H, nilai konstanta



dielektrik organ dari mencit tanpa perlakuan dan yang terpapar serta kadar IL-1 $\beta$ . Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3. 1:** Diagram tahapan penelitian

### 3.4 Cara Kerja

#### 3.4.1 Pengadaptasian Hewan Mencit

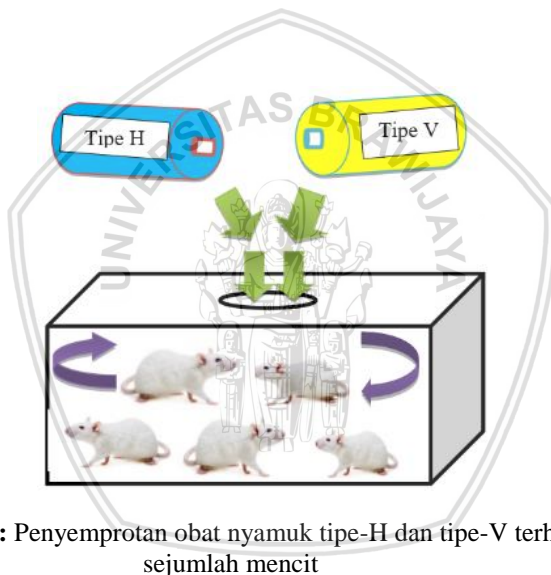
Pemeliharaan mencit dilakukan di Laboratorium Fisiologi Hewan Jurusan Biologi Fakultas Sains Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang, sebanyak 77 ekor mencit jantan berusia 2-3 bulan terlebih dahulu di aklimatisasikan dengan lingkungan chamber. Aklimatisasi dilakukan agar hewan uji coba dapat beradaptasi dengan kondisi baru yang ditempati selama percobaan berlangsung. Mencit-mencit dimasukan kedalam chamber plastik dan dikelompokkan berdasarkan perlakuan. Perlakuan yang diberikan pada mencit digolongkan menjadi 1 kelompok kontrol dan 2 kelompok besar. Penggolongan 2 kelompok besar berdasarkan jenis obat nyamuk semprot *one push aerosol* yaitu obat nyamuk tipe-H dan obat nyamuk tipe-V. Setiap kelompok perlakuan terdiri dari 7 ekor mencit. Masing-masing jenis obat anti nyamuk semprot *one push aerosol* terbagi menjadi 5 kelompok perlakuan (P1,P2,P3,P4,P5). Pembagian 5 kelompok perlakuan berdasarkan banyaknya pemberian semprotan obat nyamuk pada hewan mencit, untuk P1 sebanyak 1 kali semprot, P2 sebanyak 2 kali semprot, P3 sebanyak 3 kali semprot, P4 sebanyak 4 kali semprot, dan P5 sebanyak 5 kali semprot. Pengadaptasian hewan mencit dapat dilihat pada Gambar 3.2.



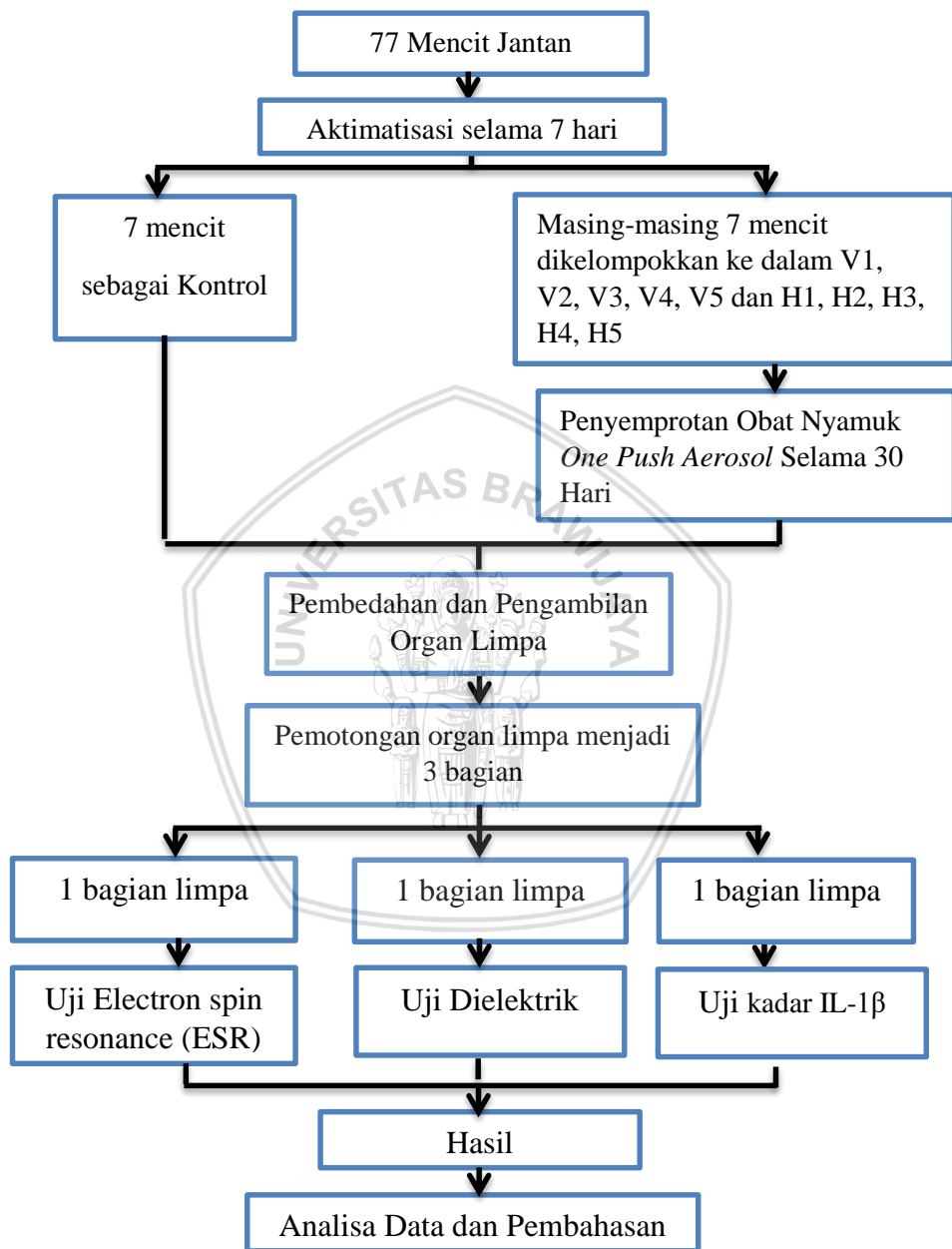
**Gambar 3. 2:** Pengadaptasian hewan mencit sebelum diberi paparan obat nyamuk *one push aerosol* tipe-H dan tipe-V

### 3.4.2 Perlakuan terhadap Hewan Mencit

Perlakuan yang diberikan terhadap hewan mencit adalah dengan menyemprotkan obat nyamuk *one push aerosol* dalam wadah chamber tertutup. Penyemprotan obat nyamuk pada mencit dilakukan dengan memasukkan masing-masing 7 mencit ke dalam chamber tertutup, kemudian disemprotkan obat nyamuk dengan 5 variasi semprotan yang telah ditentukan (P1, P2, P3, P4, P5). Setelah diberi semprotan obat nyamuk dengan variasi semprotan yang berbeda-beda, mencit dibiarkan selama 20 menit. Setelah 20 menit tutup chamber dibuka dan mencit dibiarkan menghirup udara bebas. Penyemprotan obat nyamuk tipe-H dan tipe-V terhadap sejumlah mencit terlihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3. 3:** Penyemprotan obat nyamuk tipe-H dan tipe-V terhadap sejumlah mencit

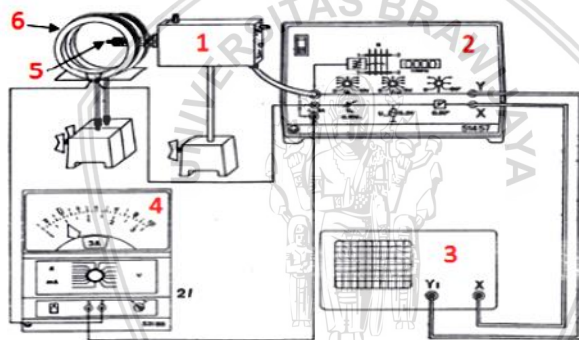


**Gambar 3. 4:** Diagram alir penelitian terhadap hewan mencit

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Uji Electron Spin Resonance (ESR)

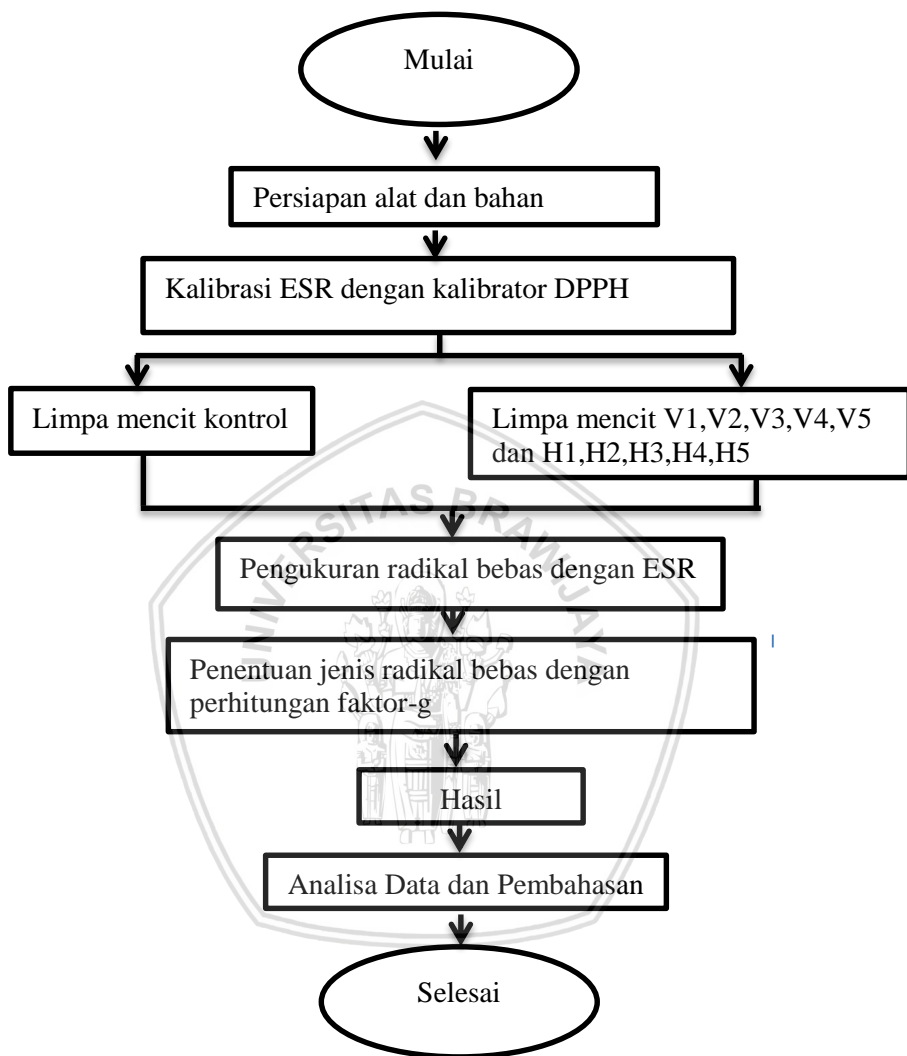
Setiap sampel limpa dari mencit dimasukkan kedalam kumparan solenoid atau kumparan RF. Pengukuran radikal bebas pada sampel mencit yang terpapar obat nyamuk *one push aerosol* dilakukan dengan mengatur besar arus dan frekuensi agar dapat dihasilkan resonansi. Frekuensi resonansi dihasilkan karena adanya medan magnet. Kurva lissajous terbentuk karena adanya perpaduan (superposisi) 2 gelombang yaitu gelombang radio frekuensi (RF) dan gelombang deeksitasi akibat adanya medan magnet luar dari kumparan Helmholtz. Rangkaian alat ESR dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3. 5:** Rangkaian alat *electron spin Resonance* (ESR)

Keterangan :

1. ESR unit
2. Pengendali ESR
3. Osiloskop
4. Multimeter
5. Solenoid tempat meletakkan sampel
6. Kumparan Helmholtz



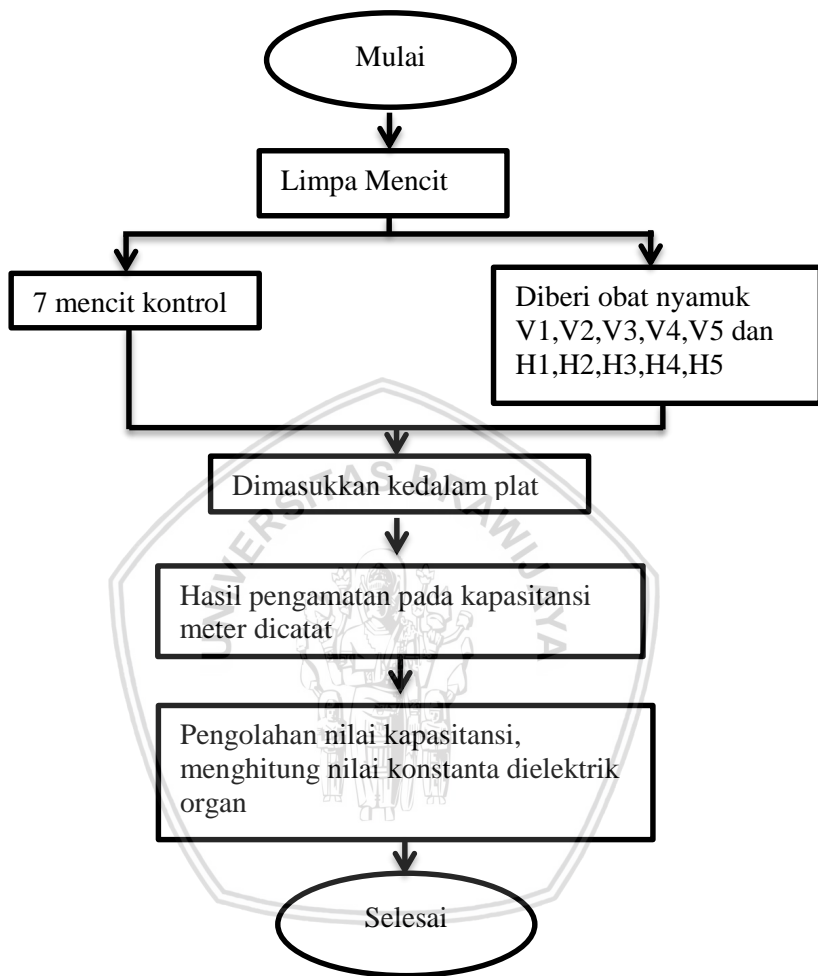
**Gambar 3. 6:** Diagram alir uji *electron spin resonance* (ESR)

### 3.5.2 Uji Dielektrik Organ

Nilai kapasitor dapat diketahui dengan menggunakan sebuah alat ukur yang dinamakan dengan *capacitance meter* (kapasitansi meter). Kapasitansi meter digunakan untuk mengukur nilai kapasitansi. Alat kapasitansi meter merek ALDA AVD890G dapat mengukur nilai kapasitansi dalam kisaran 2000 pF, 20 nF, 200 nF, 2  $\mu$ F, dan 20  $\mu$ F. Sebelum dilakukan pengukuran, alat kapasitansi meter dipastikan bernilai nol. Kabel disisipkan ke dalam lubang jack pada kapasitansi meter untuk menghubungkan alat kapasitansi meter dengan rangkaian plat. Sampel limpa mencit disisipkan ke dalam lubang plat dengan diameter 0,2 cm dan di jepit dengan plat yang lain. Nilai kapasitansi dapat diukur dengan menggunakan kapasitansi meter yang memiliki rentang ribuan picofarad hingga puluhan microfarad. Pilih bagian pengukur yang tepat sesuai dengan kapasitansi yang akan di uji. Dipilih rentang nilai kapasitansi yang sesuai dengan sampel. Rangkaian uji dielektrik ditunjukkan pada Gambar 3.7.



**Gambar 3. 7:** Rangkaian uji dielektrik



**Gambar 3. 8:** Diagram alir uji dielektrik



### 3.5.3 Uji IL-1 $\beta$

Sebanyak 100 mg sampel organ limpa dari mencit disiapkan kemudian sampel diberi antigen dengan perbandingan 1:20 dan didiamkan selama 1 malam pada suhu 4°. Kemudian sampel dicuci dengan menggunakan PBS-T 0,2% sebanyak 3 kali selama 3 menit, lalu sampel dilapisi menggunakan BSA 1% selama 30 menit dan cuci menggunakan PBS-T 0,2% sebanyak 3 kali selama 3 menit. Sampel diberi antibodi primer dengan perbandingan 1:500 dalam PBS dan di inkubasi selama 1 jam kemudian di cuci kembali menggunakan PBS-T 0,2% sebanyak 3 kali selama 3 menit. Kemudian sampel diberi antigen IL-1 $\beta$  dengan perbandingan 1:1000 dan diinkubasi selama 1 jam lalu di cuci kembali dengan menggunakan PBS-T 0,2% sebanyak 3 kali selama 3 menit kemudian diberi SA-HRP dengan perbandingan 1:1000 dan diinkubasi selama 1 jam kemudian di cuci kembali dengan menggunakan PBS-T 0,2% sebanyak 3 kali selama 3 menit. Setelah itu ditambahkan sureblue TMB dan diinkubasi selama 30 menit. Reaksi dihentikan dengan penambahan HCL 1N dan diinkubasi selama 15 menit kemudian sampel di baca menggunakan Elisa reader dengan panjang gelombang 450 nm.

## 3.6 Analisa Data

### 3.6.1 Uji ESR

Hasil penelitian ini didapatkan data berupa nilai arus yang mengalir pada kumparan (I) dan nilai frekuensi (f) pada masing-masing sampel. Frekuensi dan arus yang didapatkan digunakan untuk menghitung besar medan magnet sehingga dapat diperoleh besar nilai faktor-g untuk diketahui jenis radikal bebasnya dengan cara membandingkan dengan faktor-g pada literatur. Besar medan magnet dihitung dengan melalui persamaan 3.1

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad (3.1)$$

dimana:

$$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$$

N = Jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz (n=320)

r = Jari-jari kumparan Helmholtz (r=6,8 cm)

I = Arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)

B = Medan magnet eksternal (T)

Nilai medan magnet (B) digunakan untuk menghitung nilai faktor-g melalui persamaan 3.2:

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (3.2)$$

dimana :

h = konstanta planck (  $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ Js}^2$  )

f = frekuensi resonansi (Hz)

$\mu_B$  = magneton Bohr ( $\mu_B = 9,274078 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ )

B = Medan magnet eksternal (T)

### 3.6.2 Uji Dielektrik Organ

Hasil pengukuran sifat kelistrikan limpa mencit didapatkan data berupa nilai kapasitansi (C). Untuk masing-masing perlakuan kontrol, V1 sampai V5 dan H1 sampai H5 dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali dan hasil pengukuran tersebut di rata-rata. Pada penelitian ini telah diketahui nilai luas penampang plat (A), jarak antar plat (d), dan besar nilai permitivitas udara ( $8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ ), sedangkan nilai kapasitansi didapat dari pengukuran pada kapasitansi meter, sehingga dapat dihitung nilai konstanta dielektrik menggunakan persamaan 3.3. Kemudian dilakukan analisa dengan metode trenline untuk mengukur kecenderungan hubungan data antara besarnya konsentrasi obat nyamuk dalam chamber dengan konstanta dielektrik organ.

$$\epsilon_r = \frac{c.d}{\epsilon_0 A} \quad (3.3)$$

dimana:

C = kapasitansi rata-rata (R)

A = luas penampang plat kapasitor (m)

$d$  = jarak antar plat (m)

$\epsilon_0$  = Permittivitas udara ( $8,85 \times 10^{-12}$ )

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Penentuan Konsentrasi Obat Nyamuk

Konsentrasi obat nyamuk menunjukkan banyaknya obat nyamuk yang terdapat didalam satu chamber dan dinyatakan dalam satuan *part per million* (PPM). PPM menyatakan perbandingan bagian dalam satu juta bagian yang lain. Konsentrasi obat nyamuk merupakan perbandingan massa obat nyamuk rata-rata selama 30 hari dengan massa total, dimana massa total merupakan penjumlahan dari massa obat nyamuk rata-rata selama 30 hari dengan massa udara rata-rata dikali 1.000.000 udara dalam chamber.

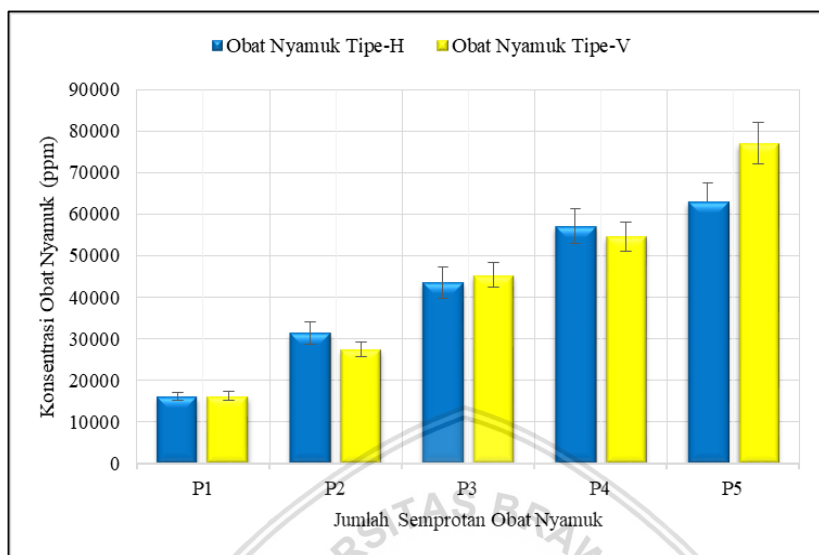
$$PPM = \frac{M_o}{M_o + M_u} \times 1.000.000$$

dimana:

$M_o$  = Massa obat nyamuk rata-rata selama 30 hari

$M_u$  = Massa udara rata-rata

Massa obat nyamuk rata-rata didapatkan dari selisih hasil pengukuran massa obat nyamuk sebelum semprot dan sesudah semprot selama 30 hari. Massa udara rata-rata didapatkan melalui perkalian antara massa jenis udara ( $0,001293 \text{ g/cm}^3$ ) dengan volume chamber rata-rata. Volume chamber rata-rata didapatkan dari perkalian panjang, lebar dan tinggi chamber yang dihitung sebanyak 5 kali yaitu ( $27,4 \times 20,44 \times 9,8$ )  $\text{cm}^3$ . Pengukuran konsentrasi obat nyamuk dilakukan untuk semua variasi jumlah semprotan yaitu P1 satu kali semprot, P2 dua kali semprot, P3 tiga kali semprot, P4 empat kali semprot dan P5 lima kali semprot dari masing-masing obat nyamuk tipe-H dan tipe-V. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai konsentrasi obat nyamuk untuk masing-masing variasi semprotan obat nyamuk yang ditunjukkan pada Gambar 4.1



**Gambar 4. 1:** Grafik hubungan jumlah semprotan obat nyamuk dengan konsentrasi obat nyamuk (ppm)

Pada Gambar 4.1 memperlihatkan grafik hubungan antara jumlah semprotan obat nyamuk tipe-H dan tipe-V dengan konsentrasi obat nyamuk dalam *part per milion* (ppm). Obat nyamuk tipe-H satu kali semprot (P1) menunjukkan hasil bahwa dalam 1.000.000 udara pada chamber terdapat  $1,62 \times 10^4$  obat nyamuk. Banyaknya konsentrasi obat nyamuk tipe-H dan tipe-V tidak sama untuk masing-masing jumlah semprot. Hal ini dapat mempengaruhi tingkat kerusakan organ limpa mencit. Gambar 4.1 dapat diartikan bahwa semakin banyak jumlah semprotan (P1, P2, P3, P4, P5) yang diberikan maka konsentrasi obat nyamuk (ppm) yang terdapat dalam chamber juga semakin tinggi. Tingginya kandungan obat nyamuk dalam chamber berhubungan dengan banyaknya kandungan bahan aktif obat nyamuk yang terserap oleh mencit sehingga berpengaruh terhadap tingkat kerusakan organ limpa mencit.

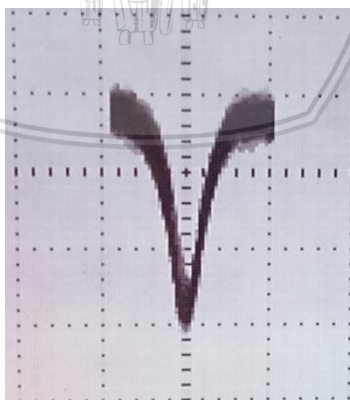
#### 4.1.2 Kalibrasi Perangkat *Electron Spin Resonance* (ESR)

*Electron spin resonance* (ESR) adalah sebuah metode penelitian yang digunakan untuk mengetahui keberadaan dan jenis radikal bebas. ESR yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe Leybold Heracus. Sebelum perangkat ESR digunakan perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan *diphenyl picrylhydrazyl* (DPPH). DPPH merupakan radikal bebas yang umum digunakan pada kalibrasi ESR karena bersifat stabil. Hasil pengukuran kalibrasi DPPH ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1:** Hasil pengukuran kalibrasi dpph

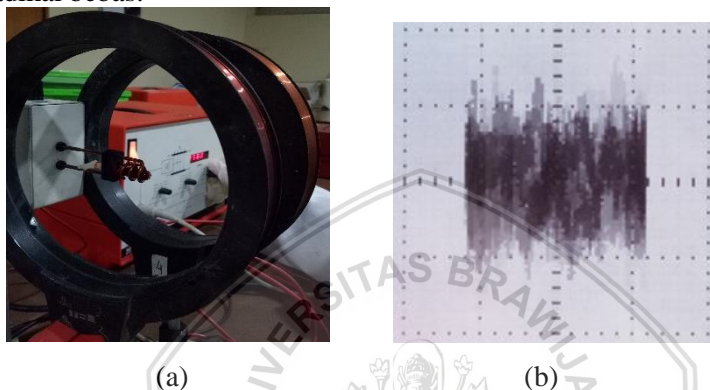
Frekuensi (MHz)	Arus (I)	Medan Magnet (T)	Faktor-g literatur	Faktor-g eksperimen	Faktor Kalibrasi
23,5	0,197	0,000834	2,0036	2,013	0,9954

Nilai faktor-g literatur untuk DPPH adalah 2,0036 sedangkan nilai faktor-g eksperimen yaitu 2.013 dengan faktor kalibrasi sebesar 0,9954. Hasil pengukuran didapatkan kurva lissajous pada osiloskop yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



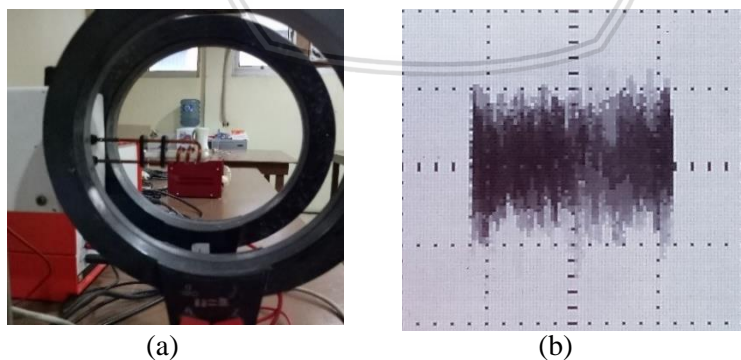
**Gambar 4. 2:** Kurva resonansi DPPH

Radikal bebas pada organ limpa mencit kontrol juga diidentifikasi menggunakan ESR. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah organ limpa dari mencit kontrol mengandung radikal bebas atau tidak. Hasil pengukuran radikal bebas pada organ limpa mencit kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.3. Terlihat pada Gambar 4.3 organ limpa mencit kontrol tidak memiliki kandungan radikal bebas.



**Gambar 4. 3:** (a) Ogan limpa mencit kontrol dalam kumparan (b) Kurva resonansi organ limpa mencit kontrol

Tabung yang digunakan untuk menaruh sampel juga diuji menggunakan ESR. Hal ini dilakukan untuk memastikan pengukuran agar lebih akurat. Gambar 4.4 menunjukan tabung yang digunakan tidak memiliki kandungan radikal bebas.



**Gambar 4. 4:** (a) Tabung sampel yang diuji menggunakan ESR (b) Kurva resonansi tabung sampel

Pengamatan keberadaan dan jenis radikal bebas diperoleh dengan menggunakan alat *electron spin resonance* (ESR). Hasil penelitian menunjukkan ditemukannya radikal bebas pada organ limpa mencit yang telah terpapar obat nyamuk tipe-H dan tipe-V. Radikal bebas yang ditemukan adalah jenis oksigen singlet ( $^1O_2$ ) dan anion superoksida ( $O_2^-$ ). Gambar 4.5 menunjukkan adanya kandungan radikal bebas dari organ limpa mencit yang diberi perlakuan.

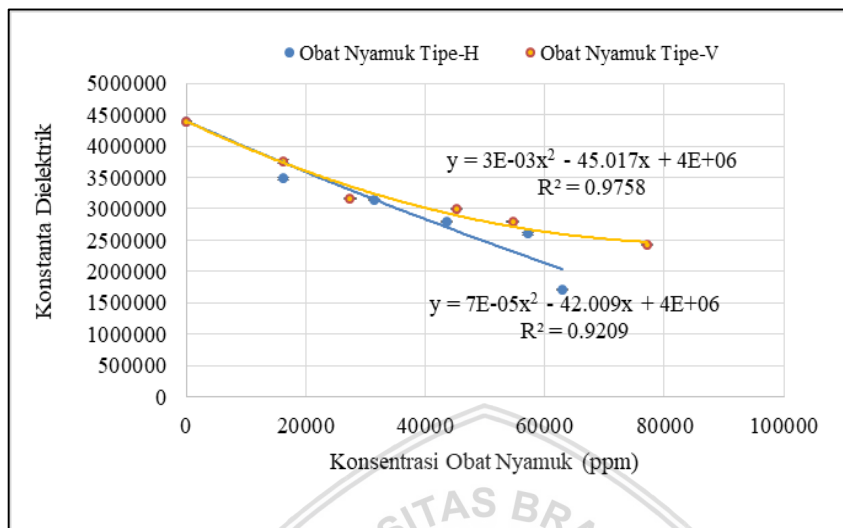


**Gambar 4. 5:** Kurva resonansi dari organ limpa mencit dengan perlakuan

#### 4.1.3 Pengukuran Sifat Kelistrikan Organ Limpa

Pada Gambar 4.6 menunjukkan grafik hubungan besar konsentrasi obat nyamuk tipe-H dan tipe-V terhadap nilai konstanta dielektrik organ. Berdasarkan persamaan garis yang didapat terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi obat nyamuk yang diberikan dalam chamber, maka nilai konstanta dielektrik organ semakin menurun. Tingginya konsentrasi obat nyamuk dalam chamber menyebabkan semakin banyak zat aktif transflutrin yang diserap oleh mencit sehingga menimbulkan kerusakan pada organ limpa mencit yang semakin banyak. Kerusakan sel pada organ limpa ditandai dengan penurunan nilai konstanta dielektrik organ limpa.





**Gambar 4. 6:** Hubungan konsentrasi obat nyamuk (ppm) dengan konstanta dielektrik organ

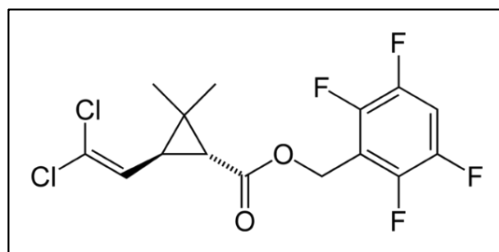
Pada persamaan garis yang ditunjukkan Gambar 4.6 diperoleh nilai konstanta dielektrik terendah yaitu pada obat nyamuk tipe-H dengan konsentrasi obat nyamuk  $6,29 \times 10^4$  ppm dengan nilai konstanta dielektrik organ sebesar  $1,71 \times 10^6$ . Sedangkan pada obat nyamuk tipe-V diperoleh nilai konstanta dielektrik terendah yaitu pada konsentrasi obat nyamuk  $7,72 \times 10^4$  ppm dengan nilai konstanta dielektrik organ sebesar  $2,42 \times 10^6$ . Penurunan nilai konstanta dielektrik secara signifikan terjadi pada obat nyamuk tipe-H. Hal ini disebabkan karena pada obat nyamuk tipe-H memiliki kandungan zat aktif transflutrin yang cukup tinggi yaitu sebesar 25% dan obat nyamuk tipe-V sebesar 21,3%. Konsentrasi obat nyamuk berbanding terbalik dengan nilai konstanta dielektrik organ, semakin tinggi konsentrasi obat nyamuk dalam chamber maka semakin rendah nilai konstanta dielektrik organ. Penurunan nilai konstanta dielektrik mempengaruhi polarisasi suatu bahan yang berhubungan dengan sifat kelistrikan dari sel dan jaringan penyusunnya.

## 4.2 Pembahasan

Hasil penelitian tentang pengaruh pemberian obat nyamuk tipe-H dan tipe-V dengan kandungan trasflutrin yang berbeda menunjukkan adanya pengaruh terhadap keadaan organ limpa. Kerusakan organ limpa mencit akibat paparan obat nyamuk tipe-H lebih besar dari pada obat nyamuk tipe-V. Hal ini disebabkan oleh kandungan transflutrin obat nyamuk tipe-H lebih besar dari pada tipe-V. Selain itu, variasi jumlah semprotan juga dapat mempengaruhi keadaan organ limpa, yaitu semakin banyak jumlah semprotan yang diberikan maka konsentrasi obat nyamuk didalam chamber semakin tinggi. Oleh sebab itu, semakin tinggi konsentrasi obat nyamuk dalam suatu chamber maka semakin banyak zat aktif yang diserap oleh mencit. Dampak yang ditimbulkan yaitu berupa kerusakan sel limpa yang dilihat berdasarkan penurunan nilai konstanta dielektrik organ dan peningkatan kadar sitokin IL-1 $\beta$ . Kerusakan organ limpa disebabkan oleh adanya radikal bebas atau *reactive oxygen species* (ROS) yang terkandung dalam organ tersebut. Pada obat nyamuk tipe-H dan tipe-V ditemukan jenis ROS oksigen singlet ( $^1O_2$ ) dan anion superoksida ( $O_2^-$ ).

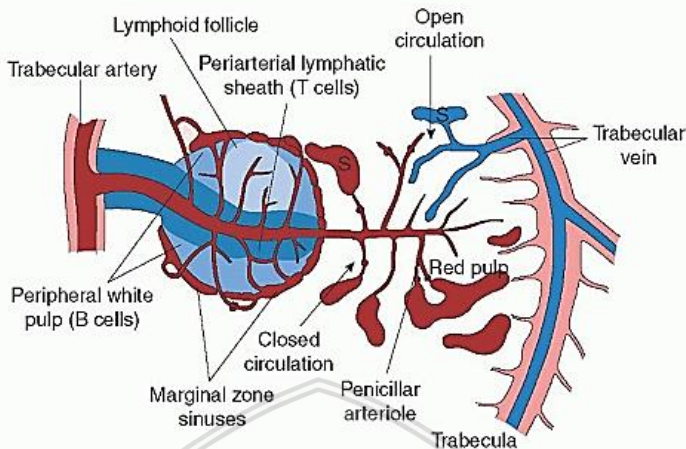
### 4.2.1 Pengaruh Bahan Aktif Transflutrin terhadap Kerusakan Organ Limpa Mencit

Pada kehidupan sehari-hari tidak lepas dari penggunaan bahan aktif contohnya pada obat nyamuk. Salah satu bahan aktif yang terkandung didalam obat nyamuk adalah transflutrin. Gambar 4.7 menunjukkan struktur kimia dari transflutrin. Transflutrin merupakan bahan aktif yang termasuk dalam golongan piretroid. Piretroid memiliki daya racun yang rendah sehingga aman digunakan pada manusia. Piretroid bekerja pada serangga dengan menyerang dan memblokir *sodium channel* sehingga dapat menghambat perambatan impuls saraf dalam tubuh. Apabila racun tersebut masuk kedalam tubuh secara terus-menerus maka akan terakumulasi dan menimbulkan dampak berupa kerusakan sel bahkan kerusakan organ dalam tubuh.



**Gambar 4. 7:** Struktur kimia transflutrin

Obat nyamuk dengan kandungan bahan aktif transflutrin terbukti menyebabkan kerusakan organ limpa berdasarkan penurunan nilai konstanta dielektrik dan peningkatan kadar sitokin IL-1 $\beta$ . Obat nyamuk aerosol dengan kandungan bahan aktif transflutrin dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan, yaitu menuju paru-paru melalui hidung dan berakhir di alveolus. Alveolus berfungsi dalam pertukaran gas oksigen tubuh. Pada paru-paru terdapat aliran darah yang mengandung hemoglobin. Hemoglobin dalam darah berfungsi untuk mengikat oksigen. Akan tetapi, oksigen dan transflutrin didalam paru-paru akan berkompetisi agar diikat oleh hemoglobin. Transflutrin lebih bersifat reaktif sehingga dengan mudah terikat oleh hemoglobin. Hemoglobin yang berikatan dengan transflutrin dibawa dari paru-paru menuju ke seluruh tubuh termasuk organ limpa. Secara tidak langsung, tubuh kekurangan oksigen akibat hemoglobin cenderung mengikat transflutrin. Pada dasarnya, tubuh memerlukan oksigen dalam melakukan proses metabolisme sel, jaringan dan organ. Keberadaan transflutrin dalam darah dapat menghambat proses metabolisme tubuh karena tubuh kekurangan oksigen. Menurut (Sulistyoningsih, 2016) transflutrin yang dibawa bersama aliran darah akan berikatan dengan sel. Transflutrin juga berikatan dengan protein sehingga sel darah akan kekurangan oksigen. Kekurangan oksigen dalam darah dapat menyebabkan kerusakan sel darah.



**Gambar 4. 8:** Aliran darah dalam limpa

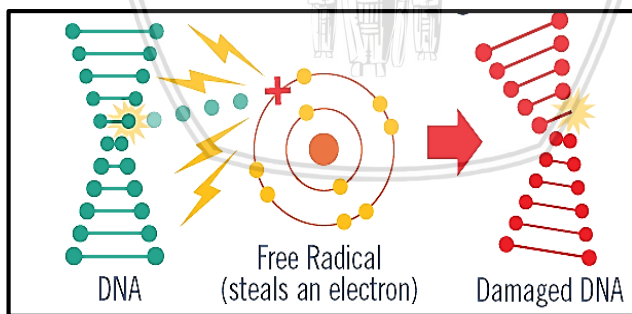
Limpa adalah salah satu organ yang kaya akan suplai darah. Suplai darah pada limpa masuk melalui arteri dan keluar melalui vena. Gambar 4.8 menunjukkan aliran darah dalam limpa. Limpa memiliki sistem retikulo-endotelial (RES) yang terdiri atas pulpa putih (pulpa alba) dan pulpa merah (pulpa rubra). Pulpa putih digunakan dalam sistem imun tubuh untuk melawan partikel asing yang menyebabkan infeksi organ limpa sedangkan pulpa merah digunakan untuk membuang zat-zat yang tidak dibutuhkan dalam darah seperti sel darah merah yang rusak, pembuangan partikel asing dari darah, *destruksi* sel-sel lain. Hemoglobin dalam darah yang mengangkut transferrin akan dianggap sebagai partikel asing sehingga limfoblas akan diaktifkan untuk menghasilkan limfosit pada folikel limpa. Limfosit merupakan sel darah putih yang terdapat pada sistem kekebalan tubuh. Limfosit berguna dalam menghasilkan antibodi untuk melawan partikel asing dalam darah. Apabila kerusakan sel darah terjadi secara terus-menerus dan sel darah putih tidak mampu melawannya maka akan menimbulkan toksik dan memicu produksi radikal bebas. Selain itu, adanya radikal bebas dapat memicu terjadinya stress oksidatif yang berdampak pada kerusakan organ.

Pengamatan secara makroskopis organ limpa yang normal memiliki ciri-ciri sebagai berikut berwarna merah tua sampai biru kehitaman dengan bentuk tepi yang lancip seperti bulan sabit.

Sedangkan, untuk organ limpa yang mengalami kerusakan akan berwarna coklat tua hampir hitam, berbentuk tumpul atau membulat dan mengalami pembengkakan (Goni, Wongkar and Wangko, 2017).

#### 4.2.2 Kerusakan Organ Limpa Akibat *reactive oxygen species* (ROS)

Kerusakan organ limpa disebabkan oleh adanya radikal bebas. Radikal bebas dihasilkan dari dalam tubuh (endogen) dan luar (eksogen). Radikal bebas yang dihasilkan dari dalam tubuh yaitu berupa hasil metabolisme tubuh. Sedangkan, radikal bebas dari luar tubuh yaitu asap rokok, polusi udara, pestisida, radiasi UV dan lain-lain. Radikal bebas dapat diartikan sebagai molekul yang kehilangan satu atau lebih pasangan elektronnya, sehingga bersifat tidak stabil. Untuk mencapai kestabilannya kembali maka molekul tersebut berusaha mengambil elektron dari molekul atau sel lain. Pengambilan elektron dari sel tersebut dapat menyebabkan reaksi berantai disepanjang molekul DNA yang menyebabkan putusnya tali DNA, kerusakan DNA, dan mutasi DNA dan menimbulkan adanya sel-sel mutan. Mekanisme rusaknya DNA akibat radikal bebas dapat dilihat pada Gambar 4.9.



**Gambar 4. 9:** Mekanisme rusaknya DNA akibat radikal bebas

*Electron spin resonance* (ESR) digunakan untuk mengetahui keberadaan dan jenis radikal. Hasil ESR pada organ limpa dari mencit yang terpapar obat nyamuk tipe-H dan tipe-V ditemukan radikal bebas yaitu oksigen singlet ( $^1O_2$ ) dan anion superoksida ( $O_2^-$ ). Oksigen

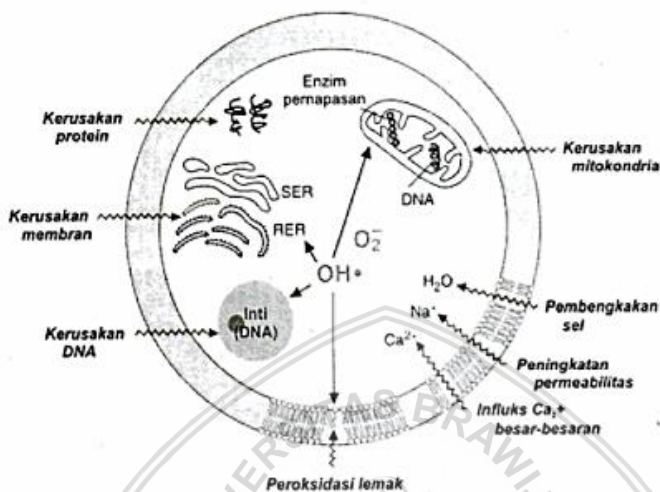
singlet dan anion superoksida tergolong ke dalam *reactive oxygen species* (ROS). ROS merupakan suatu senyawa oksigen yang bersifat reaktif dan mudah berubah menjadi radikal bebas. ROS dikelompokkan menjadi dua yaitu, senyawa oksigen reaktif yang bersifat radikal dan non radikal. Senyawa oksigen yang bersifat radikal seperti radikal superoksida ( $O_2^-$ ), radikal hidroksil ( $OH^*$ ), radikal peroksil ( $RO_2^-$ ), radikal hidroperoksil ( $HO_2^-$ ) dan Senyawa oksigen yang bersifat nonradikal (*oxidant*) seperti hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), asam hipoklorat (HOCL), Ozon ( $O_3$ ), singlet oksigen ( $^1O_2$ ) dan peroxynitrit (ONOO) (Sudiana, 2008). Berbagai rangsangan dari luar seperti radiasi, peradangan, penuaan, dan tekanan parsial oksigen yang lebih tinggi dapat meningkatkan pembentukan ROS dalam tubuh (Marks, Marks and Smith, 2000). Tabel 4.2 menunjukkan jenis radikal bebas yang terdapat pada makhluk hidup.

**Tabel 4. 2:** Radikal Bebas Biologis

No	Kelompok Oksigen Reaktif	
1	$O_2^-$	Radikal Superoksida
2	$OH^*$	Radikal Hidroksil
3	$ROO^*$	Radikal Peroksil
4	$H_2O_2$	Hidrogen Peroksida
5	$^1O_2$	Oksigen Tunggal
6	$NO^*$	Nitrit Oksida
7	$ONOO^*$	Nitrit Peroksida
8	HOCL	Asam Hipoklor

Anion superoksida ( $O_2^-$ ) dihasilkan oleh tubuh melalui rantai transport elektron. Pembentukan utama oksigen reaktif seperti superoksida terjadi di mitokondria melalui interkasi  $O_2$  dengan Koenzim Q (KoQ). Sebagian elektron yang sedang berpindah dari NADH dan senyawa lain ke  $O_2$  lolos sewaktu KoQH berinteraksi dengan  $O_2$  untuk membentuk radikal superoksida. Di dalam mitokondria juga mengandung superoksida dismutase (SOD) dan glutathion perokside yang tinggi. Dismutase dapat disebut sebagai pertahanan primer terhadap stress oksidatif yang terjadi dalam tubuh. Meningkatnya superoksida dismutase dapat terjadi karena induksi

enzim oleh zat kimia atau keadaan yang meningkatkan pembentukan superoksida.



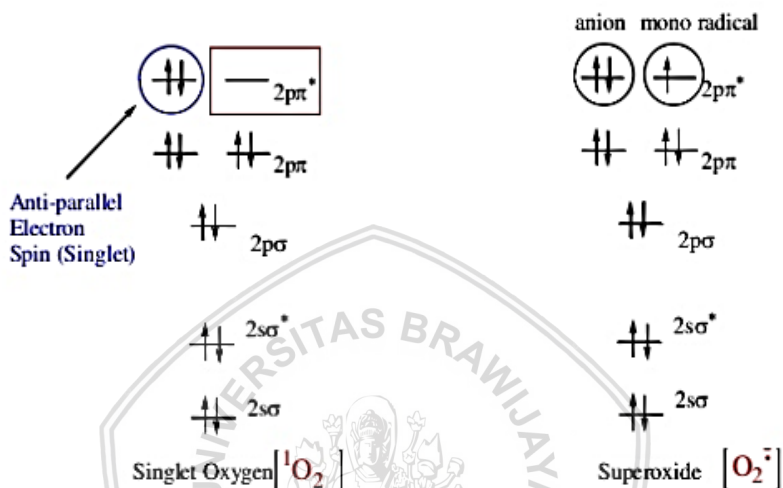
**Gambar 4. 10:** Cedera sel yang diakibatkan oleh radikal bebas (Marks, Marks and Smith, 2000)

Gambar 4.10 menunjukkan cedera sel yang diakibatkan oleh radikal bebas. Radikal bebas superoksida dan radikal hidroksil merupakan pencetus peroksidasi lemak pada membran sel, mitokondria, inti dan retikulum endoplasma. Peningkatan permeabilitas menyebabkan masuknya  $Ca^{2+}$  ke dalam sel. Masuknya  $Ca^{2+}$  ke dalam sel menyebabkan kerusakan mitokondria dan inti (DNA) yang menyebabkan pemutusan rantai dan kerusakan lainnya (Marks, Marks and Smith, 2000)

Oksigen singlet ( $^1O_2$ ) merupakan oksigen yang memiliki spin anti parallel. Oksigen singlet terbentuk pada tekanan oksigen yang tinggi, penyerapan energi dan peluruhan yang disertai pelepasan cahaya (Marks, Marks and Smith, 2000). Oksigen singlet yang terbentuk bersifat reaktif, elektrofilik dan non radikal. Cahaya adalah suatu bentuk radiasi elektromagnetik yang memiliki energi dan dapat mengubah oksigen triplet menjadi oksigen singlet yang disebut *fotosensitizer* (Lestario, 2017). Fotosensitisasi akibat pembentukan oksigen singlet dapat terjadi pada retina yang didalamnya



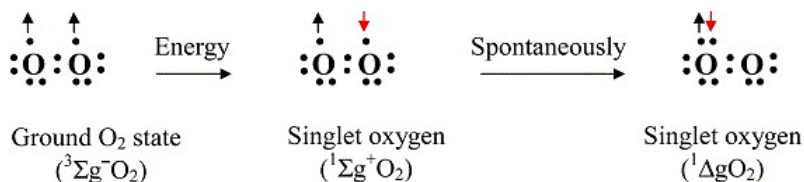
mengandung fotosensitizer endogen dan paparan cahaya. Salah satu fotosensitizer adalah lipofuscin yang terbentuk pada epitel pigmen retina akibat kelainan genetik dan penyakit (Onyango, 2016). Gambar 4.12 menunjukkan reaksi radikal oksigen singlet.



**Gambar 4. 11:** Konfigurasi elektron oksigen singlet dan superoksida

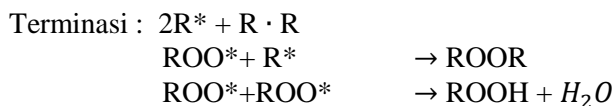
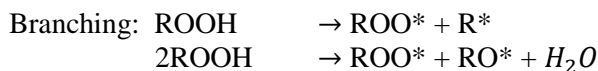
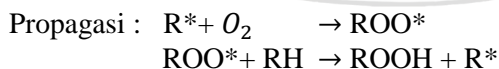
Oksigen singlet ( $^1O_2$ ) merupakan oksigen yang memiliki spin anti parallel dan tidak sesuai dengan aturan hund. Oksigen dapat bereaksi dengan ikatan rangkap pada molekul yang kaya elektron tanpa menghasilkan radikal bebas. Istilah singlet dikaitkan dengan elektron pada kulit terluar molekul oksigen. Setiap elektron memiliki bilangan kuantum spin (s) yang bernilai (+) apabila arahnya ke atas dan bernilai (-) apabila arahnya ke bawah. Dua elektron memiliki spin berpasangan ketika spin kedua elektron tersebut antiparalel ( $\uparrow\downarrow$ ) sehingga resultan angular momentumnya bernilai nol. Apabila  $S=0$  maka nilai *spin multiplicity*-nya bernilai sama dengan satu sehingga disebut singlet (Lestario, 2017). Gambar 4.11 menunjukkan konfigurasi elektron dari oksigen singlet dan superoksida.





**Gambar 4. 12:** Reaksi radikal oksigen singlet

Reaksi oksigen dengan asam lemak tidak jenuh dalam lipida merupakan penyebab utama kerusakan lipida yang disebut oksidasi lipid. Oksidasi lipid terdiri atas tahap inisiasi, propagasi dan terminasi. Tahap inisiasi merupakan tahap pembentukan radikal bebas apabila atom hidrogen lepas dari gugus asam lemak. Radikal bebas lemak bereaksi dengan oksigen untuk membentuk radikal bebas peroksil. Pada tahap propagasi radikal peroksil melepaskan atom hidrogen dan lipid ke bentuk yang relatif lebih stabil, hidroksida dan radikal lipid yang terbentuk tidak stabil. Radikal lipid yang terbentuk tidak stabil akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk radikal peroksil yang baru dan reaktif. Tahap terminasi dalam proses auto oksidasi ini ditandai dengan pecahnya hidroperoksida menjadi komponen organik rantai pendek seperti aldehid, keton, alkohol. Proses terminasi akan berhenti bila dua radikal tidak stabil bereaksi atau radikal asam lemak bereaksi dengan anti oksidan stabil.



Keterangan:

$R^*$  = asam lemak radikal

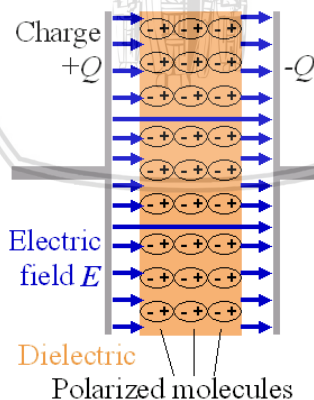
$RO^*$  = Alkoksil radikal

$ROO^*$  = Radikal Peroksil

$ROOH$  = Hidroperoksida asam lemak (Sukardi, 2001).

### 4.2.3 Pengaruh Tingkat Kerusakan Organ terhadap Penurunan Konstanta Dielektrik

Kerusakan organ limpa mencit dapat dilihat berdasarkan penurunan nilai konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik dapat diartikan sebagai sebuah nilai yang dapat digunakan untuk menunjukkan sifat atau karakteristik dari suatu bahan. Hasil pengukuran didapatkan nilai kapasitansi. Nilai kapasitansi yang didapat sebanding dengan nilai konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik menggambarkan derajat polarisasi suatu bahan. Gambar 4.13 menunjukkan plat kapasitor yang disisipkan bahan dielektrik dan mengalami proses polarisasi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi polarisasi suatu bahan yaitu momen dipol dan banyaknya jumlah sel sehat dan sel rusak.



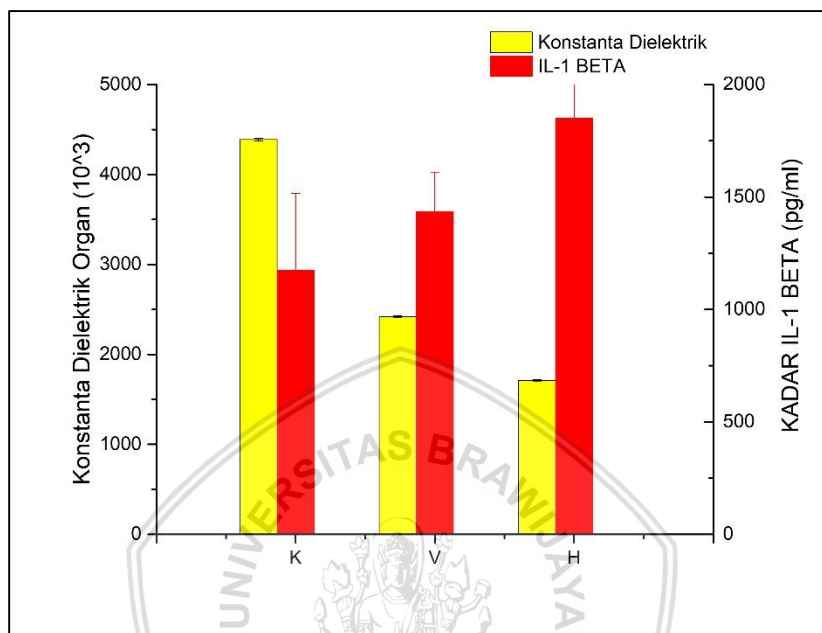
**Gambar 4. 13:** Kapasitor dengan bahan dielektrik

Momen dipol dapat menunjukkan kemampuan polarisasi suatu bahan. Arah dari momen dipol adalah dari muatan negatif ke muatan

positif. Selain momen dipol terdapat faktor lain yang mempengaruhi polarisasi yaitu jumlah sel sehat dan sel rusak. Bahan dielektrik dapat bersifat polar dan non polar. Sel sehat dapat bersifat polar dan sel rusak bersifat non polar. Bahan dielektrik polar memiliki momen dipol listrik. Sedangkan bahan dielektrik non polar tidak memiliki momen dipol listrik. Kerusakan organ limpa dapat menyebabkan berkurangnya sel sehat dalam organ yang berpengaruh terhadap efek polarisasi yang terjadi. Semakin banyak sel sehat didalam organ maka, polarisasi yang terjadi semakin besar sehingga berpengaruh terhadap nilai konstanta dielektrik yang semakin tinggi dan sebaliknya jika semakin banyak sel yang rusak maka polarisasi yang terjadi semakin sedikit sehingga nilai konstanta dielektrik semakin rendah. Konstanta dielektrik juga bergantung pada suseptibilitas listrik. Suseptibilitas menggambarkan ukuran mudah tidaknya suatu bahan terpolarisasi. Sehingga semakin besar nilai konstanta dielektrik maka semakin mudah bahan tersebut terpolarisasi.

#### **4.2.4 Pengaruh Tingkat Kerusakan terhadap Kadar sitokin IL-1 $\beta$ .**

Sitokin dapat didefinisikan sebagai golongan protein/ glikoprotein/ polipeptida yang diproduksi oleh limfosit, makrofag, eosinophil, sel mast dan sel endotel (Soeroso, 2007). Sitokin berfungsi dalam memberikan isyarat atau sebagai *messenger* kimia antar sel untuk berkomunikasi dalam sel imun. Sel imun digunakan untuk mempertahankan tubuh dari virus, bakteri, maupun radikal bebas. Sitokin disekresikan oleh sel imun yang terpapar patogen. Sitokin dikeluarkan tubuh sebagai respon terhadap inflamasi yang disebabkan oleh trauma jaringan dan infeksi. Kadar sitokin IL-1 $\beta$  pada organ limpa tanpa perlakuan dan organ limpa yang diberi perlakuan terlihat pada Gambar 4.14.



**Gambar 4. 14:** Grafik perbandingan nilai konstanta dielektrik organ terhadap kadar sitokin IL-1 $\beta$

Pada Gambar 4.14 mempresentasikan grafik tingkat kerusakan berdasarkan perbandingan nilai konstanta dielektrik organ limpa kontrol dan organ limpa dari mencit yang telah terpapar obat nyamuk tipe-H dan tipe-V dengan konsentrasi obat nyamuk yang paling tinggi yaitu 5 kali semprot terhadap kadar sitokin IL-1 $\beta$  organ. Hasil uji kadar sitokin IL-1 $\beta$  organ terlihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3:** Hasil uji kadar sitokin IL-1 $\beta$  organ

No	Sampel	Kadar (pg/ml)
1	K	1174
2	V	1434
3	H	1851

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kadar sitokin IL-1 $\beta$  organ limpa pada obat nyamuk tipe-H cenderung meningkat dibandingkan obat nyamuk tipe-V dan kontrol. Kecenderungan peningkatan kadar sitokin IL-1 $\beta$  dapat disebabkan oleh kandungan transflutrin obat nyamuk tipe-H lebih tinggi dibandingkan tipe-V. Semakin tinggi konsentrasi obat nyamuk maka semakin tinggi pula kandungan transflutrin yang diserap oleh mencit dan berdampak pada kerusakan organ limpa. Grafik menunjukkan tingkat kerusakan organ limpa semakin bertambah ditunjukkan dengan menurunnya nilai konstanta dielektrik organ limpa. Semakin rendah nilai konstanta dielektrik, maka kadar sitokin IL-1 $\beta$  semakin tinggi.

Sitokin IL-1 $\beta$  adalah mediator pada respon inflamasi. Interleukin 1 Beta dan interleukin 1 Alfa bersifat proinflamasi dan IL-1 $\beta$  berfungsi sebagai anti inflamasi. IL-1 $\beta$  diproduksi oleh berbagai sel monosit dan limfosit T yang kemudian melepaskan signal inflamasi. Sitokin inflamasi memiliki aktivitas (prokoagulan) yaitu suatu zat yang dapat mempermudah terjadinya pembekuan darah, yang menstimulir sel monosit dalam melakukan adhesi ke endotel. Sel inflamasi yang melewati endotel akan bermigrasi menuju sub endotel sehingga menyebabkan kerusakan endotel. Kerusakan yang dihasilkan sel endotel menghasilkan pengeluaran molekul sel adhesi seperti IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$  kemokin dan platelet-derived growth factor (PDGF) (Winarsi and Purwanto, 2010).

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bahan aktif transflutrin yang terkandung dalam obat nyamuk dapat memberikan dampak negatif yaitu berupa kerusakan organ limpa. Kerusakan organ limpa dapat dilihat berdasarkan penurunan nilai konstanta dielektrik organ dan peningkatan sitokin IL-1 $\beta$ . Kandungan bahan aktif transflutrin pada obat nyamuk tipe-H yaitu 25% memberikan kerusakan maksimum berdasarkan nilai konstanta dielektrik organ sebesar  $1,71 \times 10^6$  dan untuk obat nyamuk tipe-V dengan kandungan transflutrin 21,3% nilai konstanta dielektrik organ sebesar  $2,42 \times 10^6$ . Sedangkan kerusakan organ limpa berdasarkan peningkatan IL-1 $\beta$  yaitu pada obat nyamuk tipe-H sebesar 1851 pg/ml dan obat nyamuk tipe-V sebesar 1434 pg/ml.

Kerusakan organ limpa disebabkan oleh kandungan *reactive oxygen species* (ROS) yang ditemukan didalamnya, yaitu oksigen singlet ( $^1O_2$ ) dan anion superoksida ( $O_2^-$ ). Bahan aktif pada obat nyamuk dapat memicu peningkatan produksi ROS dalam tubuh dan menyebabkan stress oksidatif apabila jumlah ROS lebih banyak dibanding jumlah antioksidan alami dalam tubuh.

### 1.2 Saran

Saran pada penelitian selanjutnya adalah diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan antioksidan yang mengandung *tocopherol* (vitamin E) yang bertujuan untuk menurunkan tingkat kerusakan organ berdasarkan nilai konstanta dielektrik dan dapat mengurangi produksi ROS dalam tubuh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andri, W. Y. 2007. *Produksi Mencit putih (Mus musculus) Dengan Substitusi bawang putih (Allium Sativum) dalam Rasum*. Bogor: Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan Institut Pertanian Bogor.
- Astuti, S. 2008. 'Isoflavon Kedelai Dan Potensinya Sebagai Penangkap Radikal Bebas', *Teknologi Industri dan Hasil Pertanian Universitas Lampung*, 13(2), pp. 126–136.
- Brookes, M. 2005. *Bengkel Ilmu Genetika*. Jakarta: Erlangga.
- Faiz, O. and Moffat, D. 2002. *At a Gilance Series Anatomi*. Jakarta: Erlangga.
- Fauziah, F. F., Juswono, U. P. and Herwiningsih, S. 2012. 'Pengaruh Pemberian Buah Manggis, Buah Sirsak dan Kunyit Terhadap Kandungan Radikal Bebas pada Daging Sapi yang Diradiasi dengan Sinar Gamma', *Physics Student Journal*, 1(1), pp. 24–31.
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Gibson, J. 2002. *Fisiologi dan Anatomi Modern Untuk Perawat*. Jakarta: EGC.
- Goni, L. R., Wongkar, D. and Wangko, S. 2017. 'Gambaran Makroskopik dan Mikroskopik Limpa pada Hewan Coba postmortem', *Jurnal e-Biomedik (eBm)*, 5(1), pp. 1–6.
- Handayani, W. and Hariwibowo, A. S. 2008. *Buku Ajar Keperawatan pada Klien dengan Gangguan Sistem Hematologi*. Jakarta: Salemba Medika.
- Haniastuti, T., Susilowati, H. and Djais, A. A. 2007. 'Sintesis Interleukin 1 $\beta$  Sel Makrofag Mencit yang Diinduksi Lipopolisakarida E.Coli dan Minyak Atsiri Kencur (Kaempferia galanga L.) In Vitro', *Indonesian Journal of Dentistry*, 14(3), pp. 194–198.
- Haryono, F. N. 2015. *Efikasi Kelambu Celup Cypermethrin 100 EC terhadap Nyamuk Culex quinquefasciatus dari Daerah Bekasi Tahun 2015*. Jakarta: Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Hidayat, M. R., S. Widodo, C. and Saroja, G. 2014. 'Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (Clarias Batrachus) Dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah', *Physics Student*

- Journal*, 2(1), p. pp.11-14.
- Joharina, A. S. and Alfiah, S. 2012. 'Analisis Deskriptif Insektisida Rumah Tangga yang Beredar di Masyarakat', *Jurnal Vektora*, IV(1), pp. 23–32.
- Lestario, L. N. 2017. *Antosianin: Sifat Kimia, Peranannya dalam Kesehatan, dan Prospeknya sebagai Pewarna Makanan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lukito, M., Iswanto, T. Y. H. and Riawan, N. 2010. *Buku Pintar Budi Daya Kakao*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Marks, D. B., Marks, A. D. and Smith, C. M. 2000. *Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis*. Jakarta: EGC.
- Muslim, H. M. (2009) *Parasitologi Untuk Keperawatan*. Jakarta: EGC.
- Nuzula, F., Widodo, C. S. and Sucipto. 2014. 'Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi terhadap Kapasitansi dan Konstatnta Dielektrik Lemak sapi dengan Metode Dielektrik', *Skripsi*, 1(1), pp. 7–10.
- Onyango, A. N. 2016. 'Endogenous Generation of Singlet Oxygen and Ozone in Human and Animal Tissues: Mechanisms, Biological Significance, and Influence of Dietary Components', *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Hindawi Publishing Corporation, 2016(1), pp. 1–22. doi: 10.1155/2016/2398573.
- R, B. D. and Supriyadi 2014. 'Konstanta Dielektrik Bahan Kertas Karton pada Keping Sejajar', *Fisika*, 4(2), pp. 74–77.
- Raini, M. 2009. 'Toksikologi Insektisida Rumah Tangga dan Pencegahan Keracunan', *Media Litbangkes*, 19(2), pp. 27–33. Available at: <http://ejournal.litbang.depkes.go.id/index.php/MPK/article/viewFile/753/1687>.
- Sasono, H. B. 2012. *Manajemen Pelabuhan dan Realisasi Ekspor Impor*. Yogyakarta: ANDI.
- Soeroso, A. 2007. 'S i t o k i n', *Jurnal Oftalmologi Indonesia*, 5(3), pp. 1–5.
- Sudiana, I. K. .2008. *Patobiologi Molekuler Kanker*. Jakarta: Salemba Medika.
- Sukardi .2001. 'Antioksidan Alami Sebagai Pengawet Makanan dan Pemeliharaan Kesehatan Tubuh', *Jurnal Ilmiah Bestari*, XIV(31), pp. 1–8.
- Sulistyoningsih, D. 2016. *Pengaruh Transflutrin sebagai Bahan Aktif Obat Nyamuk Semprot One Push Aerosol Terhadap Gambaran*



- Mikroskopis Kerusakan Organ Limpa Mencit (Mus musculus)*.  
Malang: Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
- Sumardjo, D. 2008. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta*. Jakarta: EGC.
- Utomo, A. R., Retnowati, R. and Juswono, U. P. 2013. 'Pengaruh Konsentrasi Minyak Kenanga (*Cananga odorata*) Terhadap Aktivitasnya sebagai Antiradikal Bebas', *kimia student Journal*, 5(2), pp. 1–5.
- Waluyo, S. and Marhaendra, B. 2014. *Penyakit-Penyakit Autoimun: Tidak Menular tapi Bisa Mematikan*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Widyastuti, P. and Ester, M. .2005. *Bahaya Bahan Kimia Pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Winarsi, H. and Purwanto, A. 2010. 'Efek Suplementasi Ekstrak Protein Kecambah Kedelai Terhadap Kadar IL-1Beta Penderita Diabetes Tipe-2', *Hasil Penelitian J.Teknol. dan Industri Pangan*, XXI(1), pp. 6–10.
- Youngson, R. 2005. *Antioksidan: Manfaat Vitamin C dan E Bagi Kesehatan*. Jakarta: Arcan.
- Yuliani, S. 2011. 'Efek Likopen Terhadap Gambaran Mikroskopik Limpa Tikus Betina Sprague Dawley', *Pharmaciana*, 1(1), p. 9. doi: 10.12928/pharmaciana.v1i1.511.



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**